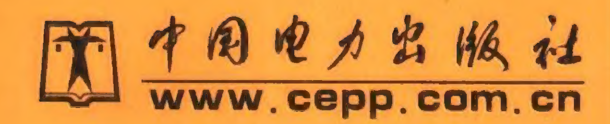
单相电动机使用与维修

电机修理技术丛书

金续曾 主编

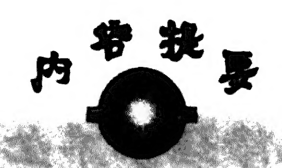


电机修理技术丛书

单相电动机使用与维修

金续曾 主编

中国电力出版社
www.cepp.com.cn



本书详细地介绍了各类单相电动机的基本原理、故障、检查、修理和试验方法，及其定、转子绕组的类型。并附有相应的绕组布置图、接线图和铁心、绕组技术数据，以备读者查阅参考。

本书紧密联系实际，图文并茂、条理清楚，可供广大电机、电器维修及使用人员以及相关专业职业中专、技校师生参考。

图书在版编目（CIP）数据

单相电动机使用与维修/金续曾主编.—北京：中国电力出版社，2003

（电机修理技术丛书）

ISBN 7-5083-0997-9

Ⅰ.单… Ⅱ.金… Ⅲ.①单相电机-使用②单相电机-维修 Ⅳ.TM34

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2002）第 016406 号

中国电力出版社出版、发行

（北京三里河路 6 号 100044http：//www.cepp.com.cn）

冶林印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2003 年 8 月第一版　2003 年 8 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米　32 开本　8.625 印张　227 千字

印数 0001—5000 册　定价 16.00 元

前言

单相电动机在工农业生产及人们日常工作中有着极为广泛的用途。特别是近年来，随着家用电器、小型电动工具和自动化办公设备的迅速发展和普及，拖动这些电器设备的单相电动机使用量及修理量也与日俱增。为满足读者这方面的需要特编写此书，以飨读者。

本书为《电机修理技术丛书》之一，书中详尽地介绍了各类单相电动机的基本原理、故障、检查、修理和试验方法，以及各种机械故障的修理和定、转子绕组及其接线等内容。叙述中条理清晰、图文并茂、通俗易懂、重在实践。

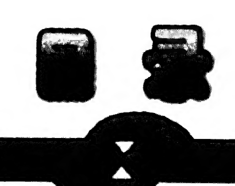
附录中还精心绘置有各类单相电动机定、转子绕组布置图、接线图，以及各种类型、系列单相电动机的铁心和绕组技术数据，供读者查阅参考。

本书由金续曾主编，并由陈斌、王世文、汪琦、孟小娟、付学忠合作完成。

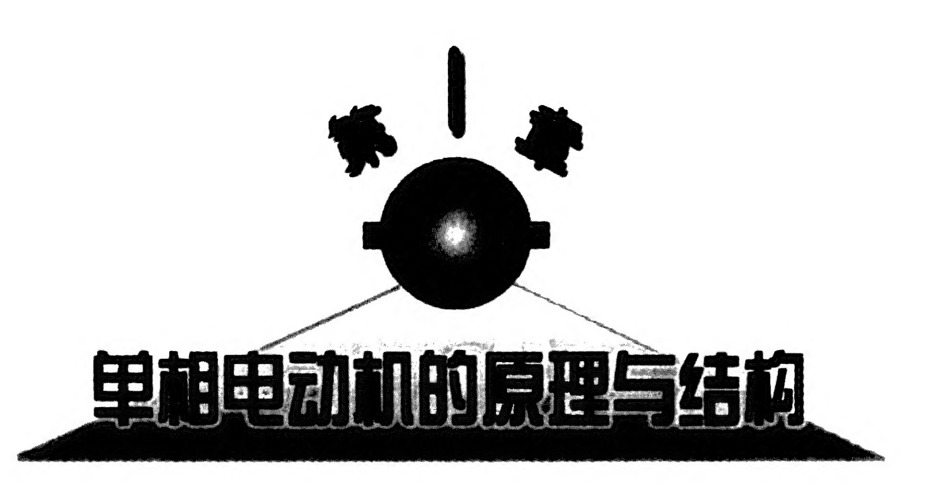
由于作者水平有限，书中错误和不足之处敬请读者批评指正。

作　者





目录



单相电动机是一种适用于工频单相交流电源，将电能转换成机械能的拖动机械。由于它具有结构简单、价格便宜、工作可靠和维修方便等优点，因而被广泛应用于小型机床、电动工具、办公设备、医疗器械、计算机外围设备和各种家用电器中。因工作性质及使用范围的限制，单相电动机的容量都比较小，其功率多在750W以下，功率最小的仅为几瓦。

单相电动机的工作原理相近，但却种类繁多构造各异，为深入了解和认识单相电动机，将其原理、结构作一简要介绍。

第1节 电磁感应定律

电机是一种机电能量转换的机械。将机械能转换成电能为发电机；电能转换成机械能为电动机。它们都是根据电与磁的相互作用、相互转化的特性而工作的。因此了解单相电动机的基本原理必须先熟悉电磁感应的基本定律。

一、右手螺旋定则

众所周知通电导线的周围能

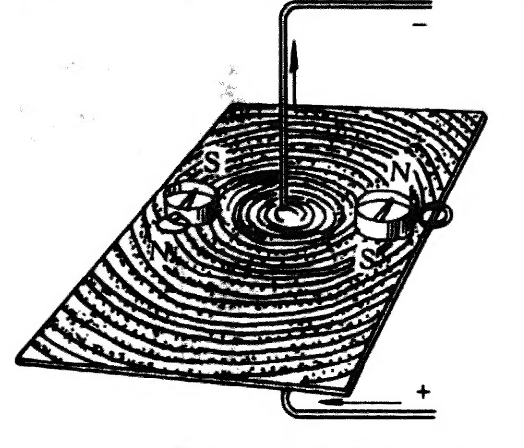
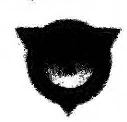


图 1-1 载流导线周围的磁场



够产生磁场，如图 1-1 所示。导线中电流的方向和大小决定该磁场的方向和强弱。其电流方向和磁场方向可用单导线右手螺旋定则来判断。

用右手握住该导线，大拇指伸直，所指的方向表示电流方向，其余四指弯曲，所指方向即为磁力线方向，如图 1-2 所示。

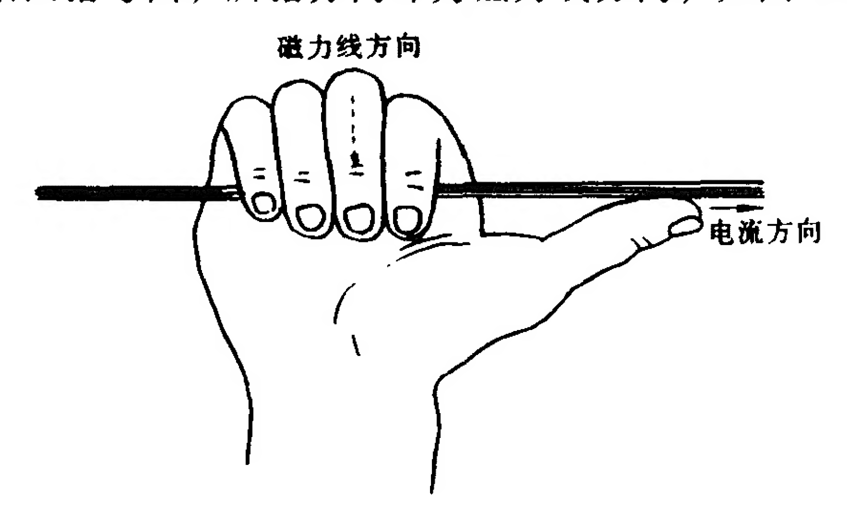


图 1-2　单导线右手螺旋定则

如果将载流导线绕成匝数很多的螺管线圈，线圈各匝之间很紧密，每一匝的磁场叠加即可得到整个螺管线圈的磁场。

当螺管线圈通入电流时，产生磁场的方向，可用螺管线圈右手定则来确定。如图 1-3 所示，将右手握住螺管线圈并伸直拇指，其余四指的方向与线圈的电流方向相符合。伸直的拇指所指

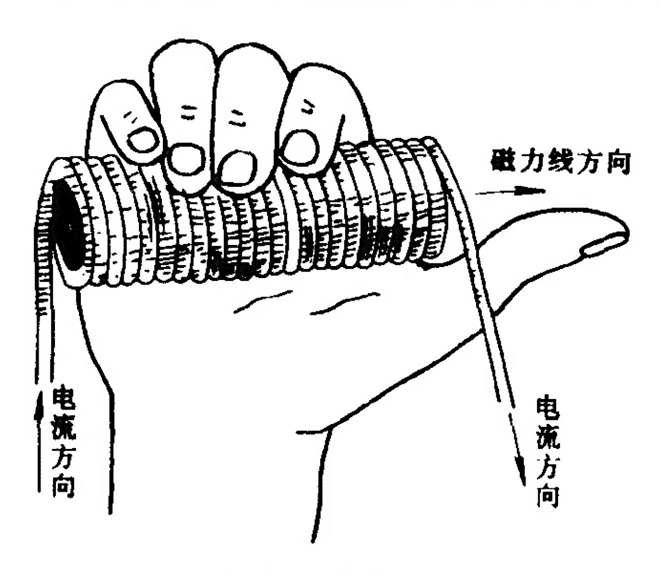


图 1-3　螺管线圈的右手定则



方向为磁场的磁力线方向，即为北极（N），另一端则为南极（S），如图 1-4 所示为螺管线圈的磁场。

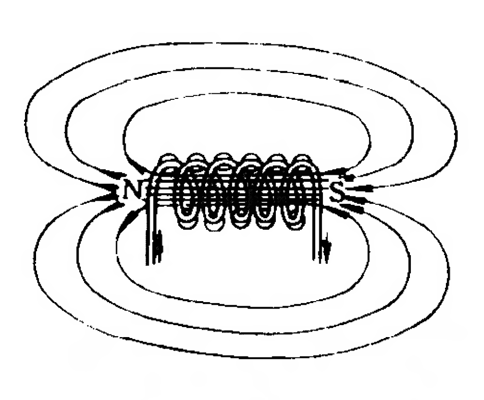
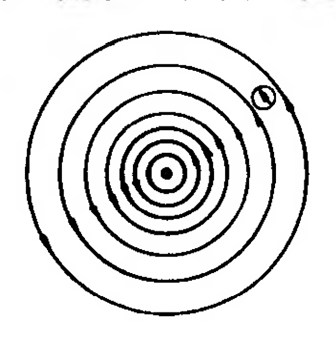


图 1-4　螺管线圈产生的磁场

通常在电路图中，多用清楚简便的截面图来表示电流和磁场的方向。如图 1-5 所示，符号⊙表示导线中电流流出纸面，而符号⊗则表示导线中电流流入纸面。导线周围的磁力线用同心圆表示，同心圆上的箭头则表示磁力线方向。



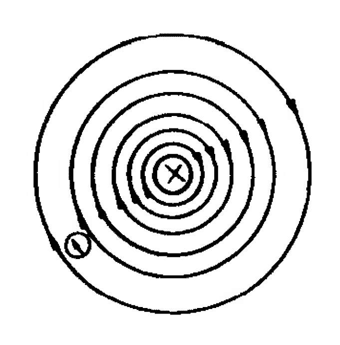


图 1-5　导线电流和磁场方向的截面图

二、发电机定则（右手定则）

如图 1-6 所示，当导线与磁场发生相对运动、相互切割时，就会在导线中产生感应电动势、感应电动势方向可以用发电机右手定则予以确定。如图 1-7 所示，将右手平伸，拇指和其余四指垂直，使磁力线垂直穿过手掌。这时，拇指所指的方向表示导线的运动方向，其余四指的指向就是感应电动势的方向。

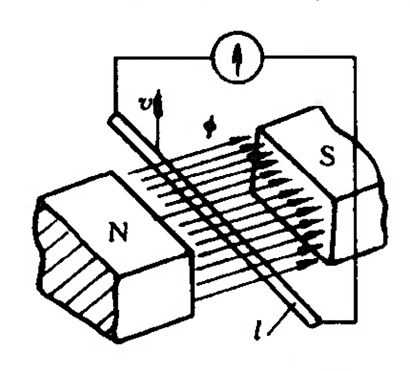
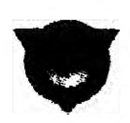


图 1-6　导线切割磁力线将产生电动势

导线在均匀磁场中沿着与磁力线垂直的方向运动时，它所产生的感应电动势大小，与导线的有效长度 l、磁通密度 B、导线的运动速度 v 成正比，即

$$e = Blv$$



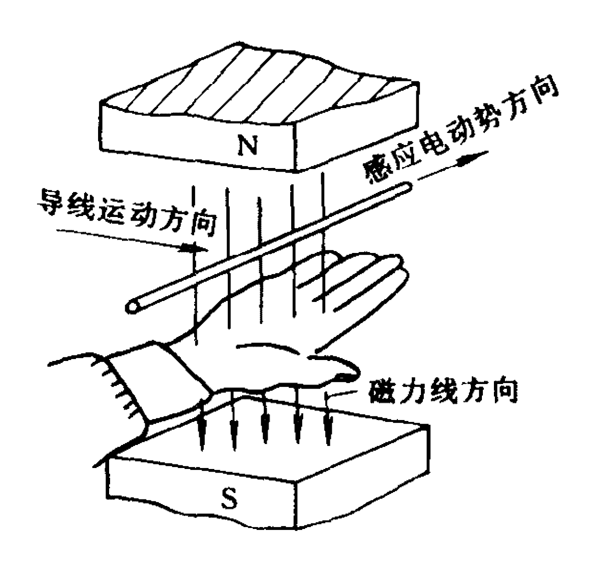


图 1-7　发电机右手定则

式中　e——感应电动势（V）；

B——磁感应强度（T）；

l——导线有效长度(m)；

v——导线在垂直于磁力线方向上运动的速度（m/s）。

如果导线运动方向与磁力线方向的夹角 α 为任意角度时，则

$$e = Blv\sin\alpha$$

若将导线与外负载接成闭合回路，导线中将有电流通过而输出电功率，发电机就是根据这一原理而制造的。

三、电动机定则（左手定则）

如图 1-8 所示，如果将一根载流导线置于磁场中，就会看到导线因产生电磁力 F_{em} 而移动。若改变导线中通过的电流方向，导线的移动方向也将相反。

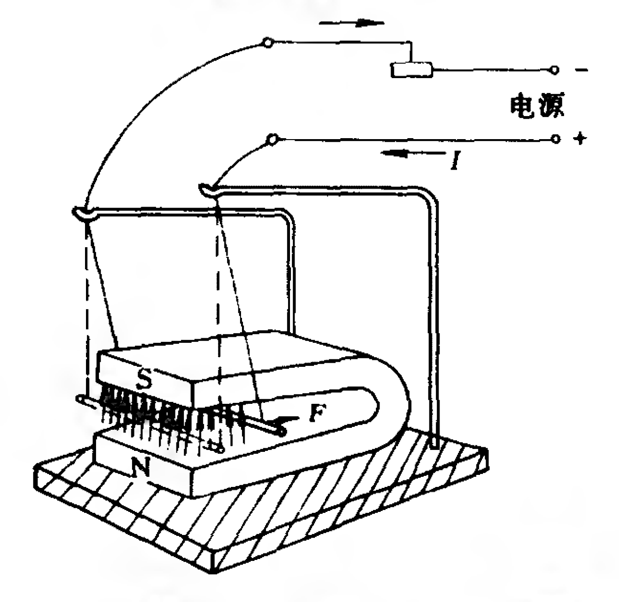


图 1-8　载流导线在磁场中产生电磁力

磁力线、载流导线和电磁作用力三者的方向，可以用电动机左手定则来确定。如图 1-9 所示，平伸左手，将拇指与其余四指垂直。手掌迎着磁力线方向，四指与电流的方向相符，这时拇指所指方向就是载流导线承受电磁作用力的方向。电磁力 F_{em} 的大小为：

$$F_{em} = BlI$$

式中　B——磁场的磁感应强度（T）；

l——导线的有效长度（m）；

I——导线的电流（A）；

F_{em}——导线所受的电磁力。

但上式仅适用于磁力线方向、电流方向和导线所受力方向三者相互垂直的情况，如果载流导体与磁场磁力线间的夹角为 θ 时，则



$$F_{em} = BlI\sin\theta$$

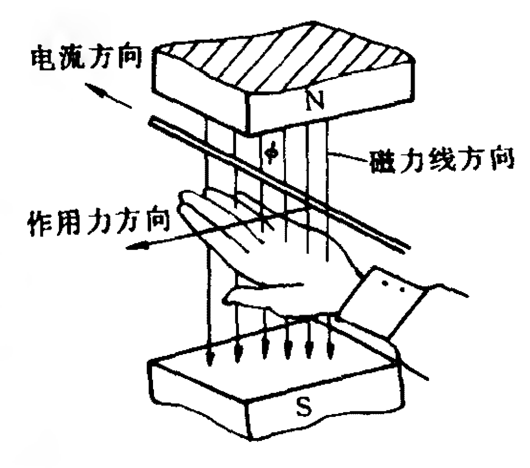


图 1-9 电动机左手定则

电动机就是根据载流导线在磁场中产生电磁力的原理而制造的。

第 2 节 单相正弦交流电

一、单相交流电动势的产生

交流电动势的方向是不断改变的，如图 1-10 所示，为一根直导线在均匀磁场中作等速旋转时，所产生单相交变电动势的过程。感应电动势的大小是由磁感应量、导线的有效长度、导线切割磁力线的速度和角度决定的，而导线切割磁场的方向（或磁场切割导线的方向），决定感应电动势的方向。因此，当长度固定的导线在均匀磁场中以一定方向作等速旋转时，所产生的感应电动势大小就只和导线切割磁力线的角度有关。

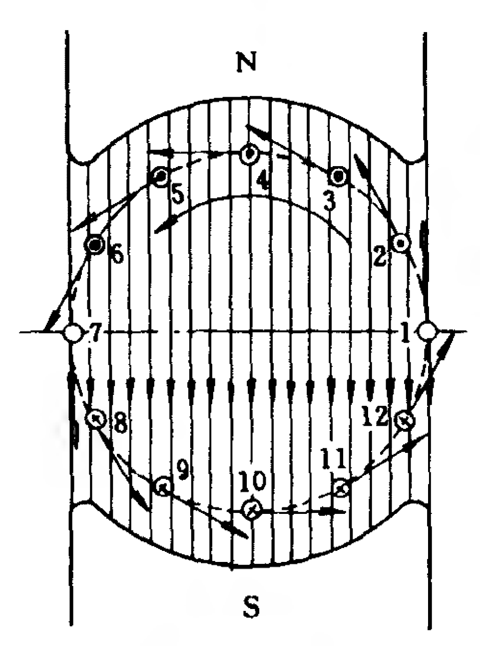
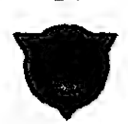


图 1-10 旋转导线所产生的交变电动势

从图 1-10 中可以看出，导线在位置 1 时，因导线运动的方向与磁力线平行，是沿着磁力线滑过去的，并不切割磁力线，因而不



产生感应电动势。而导线在位置 2 时，导线开始切割磁力线但却角度很小，所以产生的感应电动势也相应地很小，依此类推，当导线达到位置 4 时，导线处于磁极中央，导线运动方向和磁力线方向垂直，产生的感应电动势为最大。经过位置 4 以后，导线切割磁力线的方向又逐渐倾斜，因而产生的感应电动势也逐渐减小。当到达位置 7 时，导线的感应电动势又减弱到零。

当导线经过位置 7 以后，便进入另一个磁极下。由于导线切割的磁力线方向与前半周的方向相反，所以其感应电动势的方向也随之相反。这时感应电动势将伴随导线切割磁力线的角度又逐渐增大，当到达位置 10 时，产生感应电动势反方向的最大值。此后感应电动势又逐渐减小，当导线移动到原来的起始位置时，导线的感应电动势又减到零。至此，该根导线已在两极磁场中旋转了一周，产生了一个感应电动势由零逐渐升到正的最高值，又下降到零；然后又逐渐升到负的最高值，又再降到零的交变感应电动势。

如将导线在圆周上旋转经过的各点位置展开，用一根直线段来表示导线在圆周上移动的位置。再在垂直的方向按比例画出导线在这些位置上所产生的感应电动势大小，并规定一个方向的感应电动势为正，相反方向的感应电动势为负。然后再按照这些感应电动势的大小画出一条具有规律性变动的曲线，如图 1-11 所示。这样一条起伏波动变化的曲线，就称为单相交流正弦曲线。

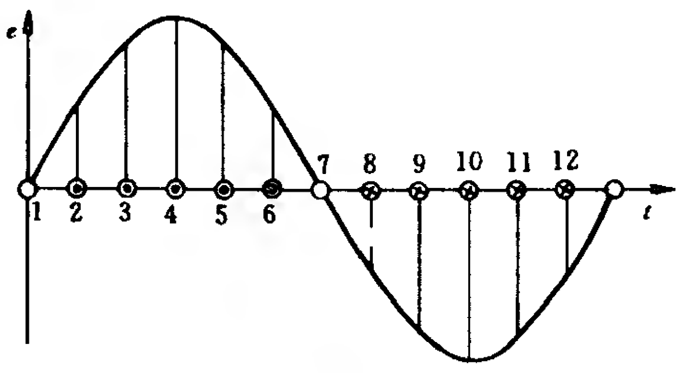


图 1-11　单相交流正弦曲线

图 1-12 所示为一个最简单的交流发电机装置。从图中可以看出，在两磁极间有一个旋转的单匝线圈，线圈的两端分别连接两个彼此绝缘的铜环 R，在铜环 R 上并装有一对与外电路连接的电刷 C。当线圈的一边 A 在 N 极切割磁力线时，另一边 B 则同时在 S 极下切割磁力线。根据发电机右手定则，可知线圈 A、B 两元件边的感应电动势方向总是相反的。这样，就可以在电刷上引出在此交变电动势作用下产生的交变电流。因此，导线在两磁极间旋转一圈（360°电角度），交变电动势（或交变电流）产生一次正、负变化。

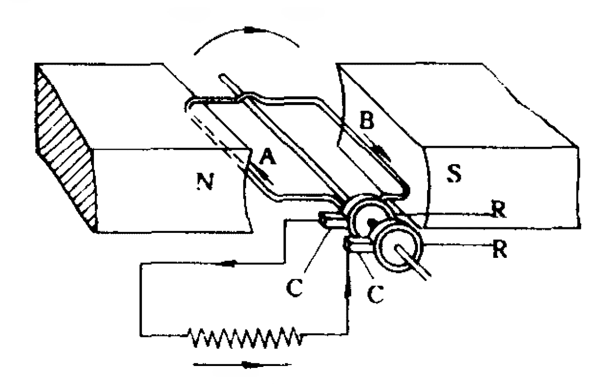


图 1-12　最简单的交流发电机

二、交变电流的频率

在单位时间（1 秒，s）内，交变电流变动的周数称为交变电流的频率，通常用 f 代表，其单位为 Hz。在我国的供电系统中，标准的交流频率为每秒 50 周，也就是 50Hz。

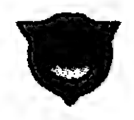
三、交流发电机频率与转速的关系

如上所述的交变电动势，均由一对磁极的交流发电机所产生，即转子（导体）每旋转一圈，导体中的感应电动势就变化一周。这样，两极交流发电机必须每秒钟旋转 50 次，才能产生 50Hz 的标准频率。

但在实际中都以每分钟转的周数表示各种机械设备的转速，用字母 n 来代表。例如发电机的铭牌上写着 $n = 1000/\text{min}$，即表示发电机转子在每分钟内被原动机拖着旋转 1000 转。如果电机的转速是 $n\text{r/min}$，其每秒的转速则应该是 $n/60$ 转。因此，对于两极交流发电机而言，其频率与转速的关系是：

$$f = n/60 \text{ 或 } n = 60f$$

若由两极交流发电机来产生每秒 50Hz 的标准频率，则发电



机每分钟转速应该为：

$$n = 60f = 60 \times 50 = 3000\text{r/min}$$

但是在4极（两对磁极）的交流发电机中，转子每旋转半圈就可以产生一周交变电动势，在另一个半圈中又产生一周电动势，如图1-13所示。这样，转子每旋转一圈就可以产生两周。同理，在6极交流发电机中，转子每旋转一圈就可以产生三周交变电动势。所以多极交流发电机频率可以下式表示

$$f = p \times n/60$$

式中 f——发电机频率；

p——磁极对数；

n——转数。

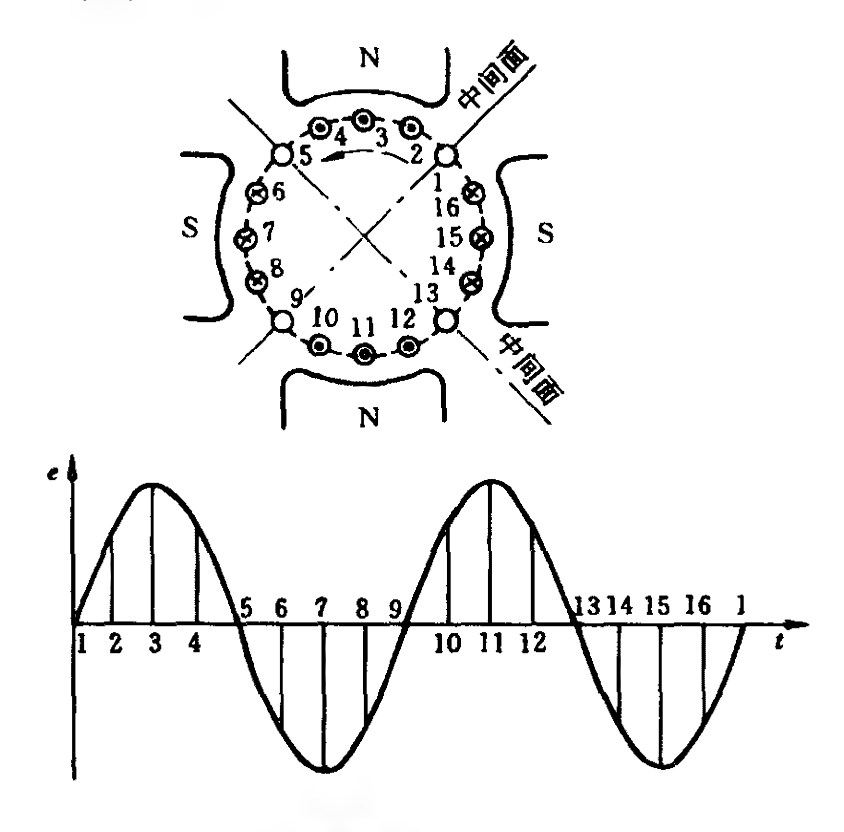


图1-13 4极交流发电机所产生的交变电动势

四、正弦波的图示法

如前述谈到的交变电动势或交变电流中，都是用一根水平方向的直线表示时间，再从这根线上引出垂直线的高度，以表示电压或电流瞬时值。依此方法就可表现交流电在一周内的变化，如

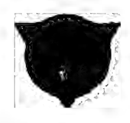


图 1-11 所示。实际上，正弦波电压或电流的变化是连续的，其中并没有确定的起点和终点。但为了便于说明正弦波变动的情形，通常都要选定一个起点。如图 1-14 所示，正弦波的起点与它由零值开始上升时所形成的角度称为初相角，或起始相位。

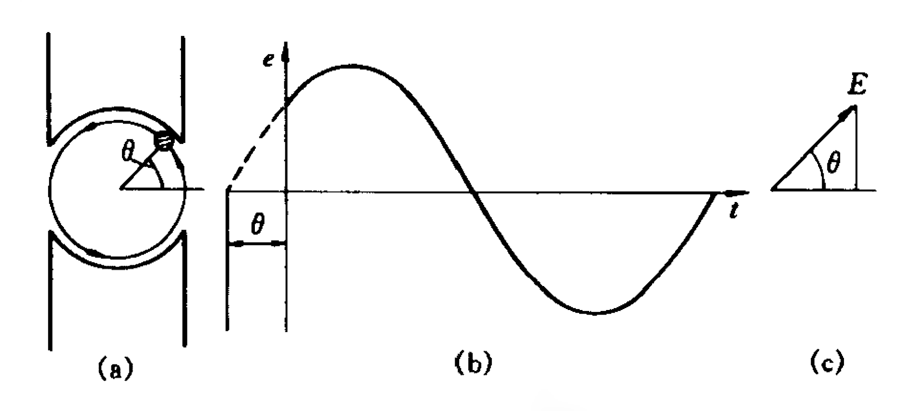


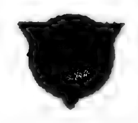
图 1-14 正弦波相量图

(a) 导线位置；(b) 正弦曲线；(c) 旋转相量

正弦波也可以用旋转相量表示，相量的长度表示正弦波电压或电流的最大值。旋转向量与水平线的夹角表示相角，相角的计算则以规定逆时针旋转方向为其相角的正方向，顺时针方向为负方向。大于 180°的相角可改用较小的负值相角来替代。相量旋转的速度称为正弦量的角速度，旋转相量在各个不同位置时对垂直轴的投影或相量终点至水平轴间的高度，即表示正弦波的瞬时值。

如图 1-14 中，交变电动势是由导线在均匀磁场中旋转所产生。于是，交变电动势的高低便决定于导线切割磁力线的速度。图 1-14（a）表示导线已转过中间面 θ 角时的位置，现在将这个位置作为计算交变电动势的起点。根据导线在各个位置上所产生的感应电动势，可以用正弦曲线来表示交变电动势的正弦曲线，如图 1-14（b）所示。同时也可以采用旋转相量表示这个正弦曲线，如图 1-14（c）所示。

旋转相量常用来表示数个同频率而不同相位的电压或电流，并指出它们相互间的各种关系。如图 1-15(a)所示。在发电机的转子上均匀地绕置相隔 90°的两个线圈，这个转子旋转时就将产生



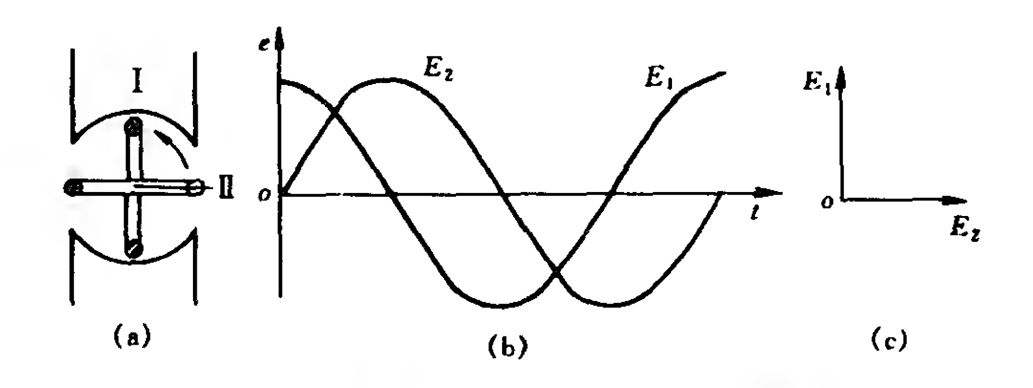


图 1-15　两相正弦曲线及旋转相量

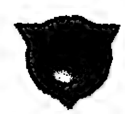
(a) 线圈位置；(b) 正弦曲线；(c) 旋转相量

两相交流电动势，E_1、E_2 两相间相差 90°电角度或 1/4 个周期。每一相绕组在转动时都产生按正弦变化的交流电动势，图 1-15(b)即表示这两相交变电动势变化时的正弦曲线。图中是以第一相绕组的电动势 E_1 由零值开始上升时作为起点，第二相绕组的电动势 E_2 比 E_1 滞后 90°或 1/4 个周期，图 1-15(c)所示为两个交变电动势的相量图。由于在空间位置相距 90°相角的两个线圈，是以相同的角速度旋转，所以其旋转相量间的相对位置始终保持不变。

第 3 节　异步电动机工作原理与结构

一、异步电动机的基本原理

异步电动机的基本原理，可以用图 1-16 来说明。如图所示，马蹄形磁铁借助手柄可在支架上旋转，即形成一个手动旋转磁场。在马蹄形磁铁两极之间的磁场中，安放有一个转子。沿转子圆周均匀地分布着许多根细导条，导条的两端分别用两个铜环把它们短接成为一个闭合回路。这个闭合的笼型绕组就称为转子绕组。转动手柄使磁铁旋动，使此旋转的磁场切割转子的导体，在导体中产生感应电动势，感应电动势的方向可用右手定则确定。假如磁场的旋转方向是按图中的顺时针方向，此时在 N 极下转子导体中的电动势方向，都将是垂直的进入纸面，用符号⊗表示。而在 S 极下转子导体中的电动势方向，都是垂直从纸面出来



的，用符号⊙表示。由于转子导条都是互相短接而成的闭合回路，所以转子导条中一有电动势便会产生自成回路的转子电流，其电流方向与电动势的方向相同。转子中的电流与气隙磁场相互作用，便产生了电磁转矩。电磁转矩的方向可以用电动机左手定则来决定。由此可知，电磁转矩的方向和旋转磁场方向相同。在电磁转矩的作用下，转子则顺着旋转磁场方向以转速 n 而旋转，这就是所有异步电动机的基本工作原理。

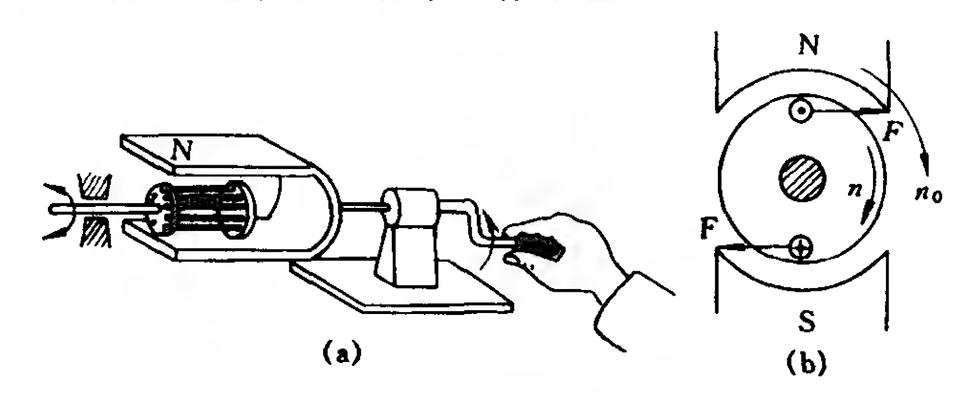
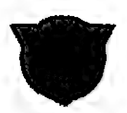


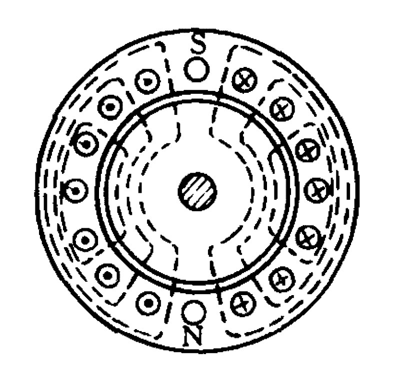
图 1-16　异步电动机的原理图

异步电动机在运行时，要克服本身的摩擦和负载转矩，转子导体中就需要保持一定大小的电流，以产生足够大的电磁转矩。所以异步电动机转子的转速 n 总是低于旋转磁场的转速 n_c，这样，磁场才能够切割转子导体并使其产生感应电动势及建立转子电流。实际应用的异步电动机旋转磁场不可能是一个靠人力转动的磁铁，而是依靠交流电源和嵌置在电动机定子上的绕组所产生的旋转磁场。

二、单相绕组的脉振磁场

即如所知单相交流电流是一个随时间按正弦规律变化的电流。因此，它所产生的磁场也就将是一个脉振磁场。即某一瞬间电流为零时，电机气隙中的磁感应强度也等于零，如图 1-17 所示。当电流增大时磁感应强度也随着增强。电流方向相反时，磁场方向也就随着反过来。但是在任何时刻，空间的磁场轴线并不移动。只是磁场的强弱和方向与正弦电流一样，将随时间按正弦规律作周期性变化。





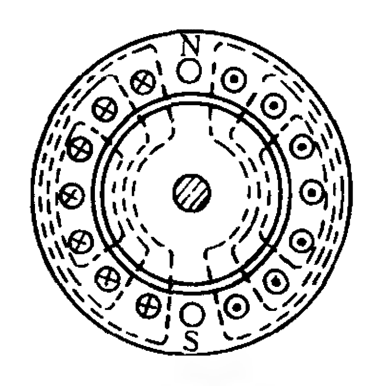


图 1-17　单相异步电动机的脉振磁场

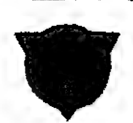
为了便于分析问题，通常可以将这个脉振磁场分解成两个旋转磁场来看待。这两个旋转磁场的旋转速度相等，但旋转方向相反。每个旋转磁场的磁感应强度的幅值等于脉振磁场磁感应强度幅值的一半，即 $B_1 = B_2 = B_m/2$。

这样一来，任一瞬间脉振磁场的磁感应强度都等于这两个旋转磁场的磁感应强度的相量和。如图 1-18 所示，在 t_0 瞬时，两个旋转磁场的磁感应强度的相量相反，所以合成磁感应强度 $B = 0$。在 t_1 瞬时，两个旋转磁场的磁感应强度的相量对水平轴都偏转了一个角度，即 $\alpha = \omega t_1$。从图 1-18 中 $t = t_1$ 瞬时的相量图上看，B_1 和 B_2 的合成磁感应强度

$$
\begin{aligned}
B &= B_1\sin\alpha + B_2\sin\alpha \\
&= \frac{B_m}{2}\sin\omega t_1 + \frac{B_m}{2}\sin\omega t_1 \\
&= B_m\sin\omega t_1
\end{aligned}
$$

同样也可以证明在其他任何瞬时，这两个旋转磁场的磁感应强度 B_1 和 B_2 的合成磁感应强度，就是脉振磁场的磁感应强度的瞬时值。

既然可以将一个单相的脉振磁场分解成两个磁感应强度幅值相等、转向相反的旋转磁场，因而也就可以认为，单相异步电动机的电磁转矩是分别由这两个旋转磁场所产生转矩的合成结果。当电动机静止时，由于两个旋转磁场的磁感应强度大小相等而转向相反，在转子绕组中感应产生的电动势和电流也将会大小相等



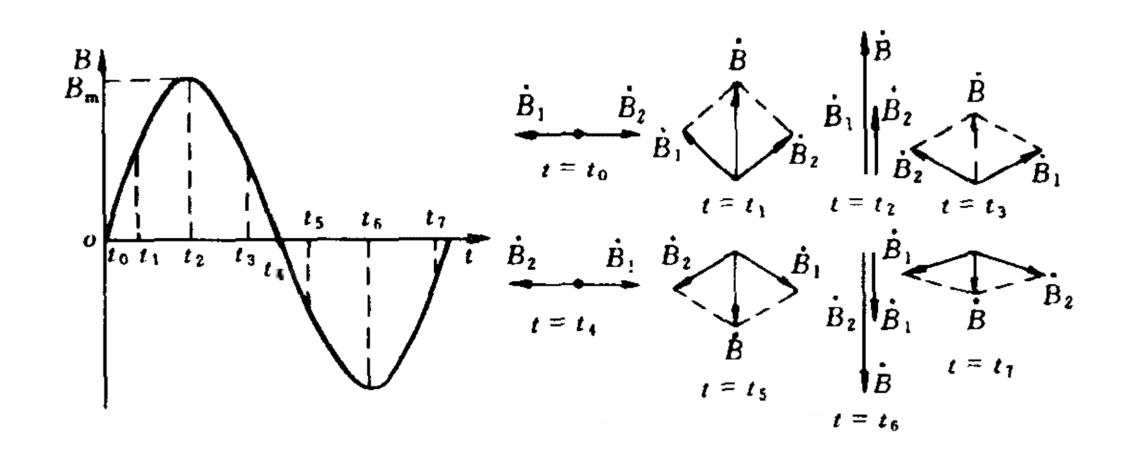


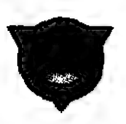
图 1-18　脉振磁场分解为两个旋转磁场

而方向相反，由此而产生的两个电磁转矩的大小也相等且方向相反，于是合成转矩将等于零，致使电动机不能起动。也就是单相异步电动机的起动转矩等于零，这既是它的一大缺点却也是其一个特点。但是，如果使用外力将通电后电动机的转子转动一下，不论是顺时针方向转动或逆时针方向转动，这时电磁转矩都将会逐渐增加，使电动机沿着外力作用的方向旋转，直至达到稳定的额定转速为止。

三、两相绕组的旋转磁场

如上所述，单相绕组所产生的是一个脉振磁场，且其起动转矩等于零而不能自行起动，因而不具实用价值。要使单相电动机得到广泛应用，首先必须解决它的起动问题。因此，一般单相异步电动机（除集中式罩极电动机外）均采用两相绕组。一相为主绕组（又称工作绕组或运行绕组），另一相则为辅助绕组（又称副绕组或起动绕组）。主、辅绕组在定子空间布置上相差 90°电角度，同时使两相绕组中通过的电流在时间上相位也不同，如在辅助绕组内串联一个适当的电阻或电容器即可达到。图 1-19 所示，即为串联电容器起动的单相异步电动机接线原理图。这样，单相异步电动机就可以建立一个相差 90°电角度的两相旋转磁场而使之旋转起来。电动机运转以后，当接近额定转速时其起动装置适时地自动将辅助绕组脱离电源，而只余主绕组在线路上工作。

下面将具体分析一下这个两相旋转磁场的产生。如图 1-20



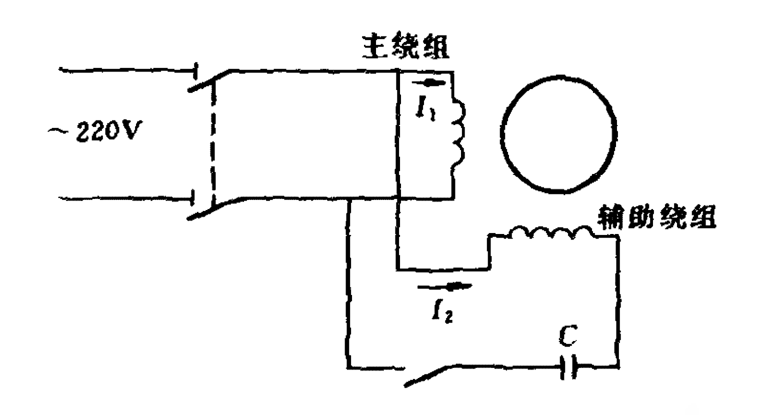


图 1-19　单相电容起动电动机接线原理图

所示，当将两个在相位上互差 90°电角度的电流，通入在定子铁心空间也互差 90°电角度的两相绕组，就将在电动机定子铁心上建立起旋转磁场。如图 1-20（a）所示，i_1 与 i_2 两个电流在相位上相差 90°电角度，图 1-20（b）所示为在定子空间上相差 90°电角度的两相绕组。如将 i_1 通入绕组 A-X、i_2 通入绕组 B-Y，并确定以绕组线端 A、B 为首端，绕组线端 X、Y 为末端。正电流从绕组的首端 A 和 B 流入，负电流则从绕组的末端 X 和 Y 流入。图 1-20（c）各图显示了 i_1 与 i_2 两个电流在 5 个瞬时所产生的磁场状况，从图中可以看出，当两相电流变化一周时，定子磁场也随着旋转变化了一周。

综上所述，只要将在相位上相差 90°电角度的两个电流，通

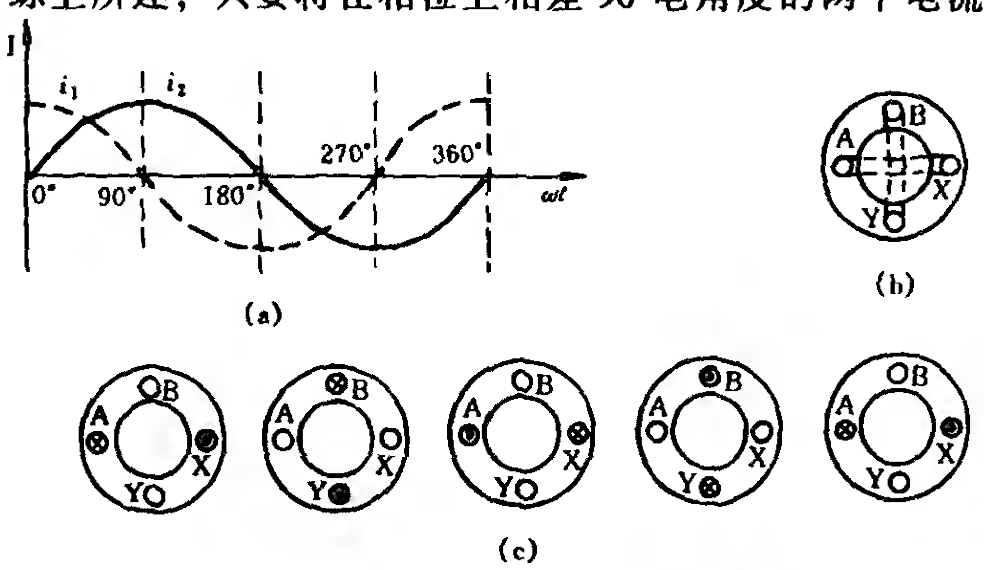
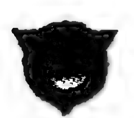


图 1-20　两相绕组产生的两相旋转磁场

（a）电流正弦曲线；（b）绕组位置；（c）磁场状况



入在定子空间上也相差90°电角度的两相绕组（即主、辅两套绕组），就能使单相异步电动机产生一个两相旋转磁场。在这个旋转磁场的作用下，转子将产生电磁转矩而转动起来，这就是除罩极式以外所有单相异步电动机的运行原理。

四、异步电动机的结构

1. 定子部分

单相异步电动机的定子部分主要包括机座、铁心、绕组三部分，现简要介绍如下。

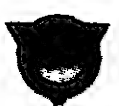
（1）机座。

机座一般采用铸铁、铸铝或钢板制成，其结构型式取决于电动机的使用环境及冷却方式。单相异步电动机的机座型式分为开启式、防护式和封闭式等几种。开启式结构的定子铁心和绕组外露，由周围空气自然冷却。多用于一些与拖动机械整机设计成一体的使用场合，例如洗衣机电动机。防护式结构则是在电机的通风路径上开些必要的通风孔道，电机的铁心和绕组被机座遮盖着。封闭式结构则是整个电机采取密闭方式，电机的内部与外部完全隔绝，以防止外界杂物的侵蚀与污染。电动机内部的热量通过机座散热片向外散发，当散热能力不足时还可在外部再加风扇冷却。

此外，某些专用电动机还可以不用机座，而直接将电动机与被拖动机械整机设计在一起。例如电风扇和电钻、电锤等手提式电动工具。

（2）铁心部分。

定子铁心多用铁损小、导磁性能好，厚度为0.35mm的硅钢片冲槽叠压而成。定、转子冲片上都均匀冲槽。由于单相异步电动机定、转子之间的气隙比较小，一般均在0.2～0.4mm以内。为减小定、转子开槽所引起的电磁噪声和齿谐波附加转矩的影响，通常定子槽多采用半闭口槽。转子则为闭口或半闭口槽，并且还普遍采取转子铁心斜槽以降低齿谐波的不利影响。集中绕组罩极式单相异步电动机的定子铁心磁极为凸极形状，也采用硅钢片冲制叠压点焊而成。



(3) 绕组。

单相异步电动机的定子绕组，一般都采用两相绕组的形式，即主绕组和辅助绕组这两套绕组。主、辅绕组的轴线在空间相差90°电角度，两套绕组的槽数、槽形和线圈匝数可以相同也可不同。通常主绕组占定子总槽数的2/3，辅助绕组占定子总槽数的1/3，但应根据各种电动机的具体技术要求而定。

单相异步电动机中常用的定子绕组型式主要有单层同心式绕组、单层链式绕组、单层交叉式绕组、双层叠绕组和正弦绕组等。罩极式电动机的定子则多为集中式磁极绕组，并在磁极的一部分极面上嵌放有短路铜环式的罩极线圈。

电动机定子绕组的导线均采用高强度聚酯漆包线，线圈在线模上绕好后，再嵌放于备有槽绝缘的定子槽内。经浸漆、烘干等绝缘处理程序，以提高绕组整体的绝缘和机械强度及耐热性能。

2. 转子部分

单相异步电动机的转子主要由转轴、铁心和绕组三部分组成，现分述如下：

(1) 转轴。

电动机的转轴多用含碳轴钢车制而成，轴的两端安置有用于转动的轴承。单相异步电动机常用的轴承有滚动轴承和滑动轴承两类，小容量单相电动机均采用含油滑动轴承。这种轴承结构简单、维护方便和噪音较小，因而得到广泛的采用。

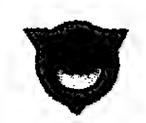
(2) 铁心。

转子铁心是用与定子铁心相同的硅钢片冲制，然后将冲有齿槽的转子冲片叠装后压入转轴而成。

(3) 绕组。

单相异步电动机的转子绕组一般有两种型式，即笼型绕组和电枢型绕组。笼型转子绕组是用铝或铝合金一次铸造而成，它广泛应用于各种单相异步电动机的转子。电枢型转子绕组则采用分布式绕组，这种绕组主要用于单相串励电动机的电枢上。

3. 起动装置



除单相电容运转式电动机和罩极式电动机外，一般单相异步电动机在起动结束后，辅助绕组都必须脱离电源，以免烧坏不能长时间运行的辅助绕组。因此，为保证单相异步电动机的正常起动和安全运行，就需配置有相应的起动装置。

单相异步电动机起动装置的类型很多，主要可分为离心开关式和起动继电器两大类。图 1-21 所示为离心开关的结构示意图。如图中所示，离心开关主要包括旋转和固定两大部分，旋转部分装在转子转轴上并随转子一起旋转，固定部分装在电动机的前端盖内。离心开关是利用一个随转轴一起转动的部件—离心块进行工作的。当电动机起动后转子转速达到额定转速的 70% ~ 80% 时，离心块所受到的离心力将大于开关弹簧对动触点的压力，使动触点与静触点脱离开，从而切断辅助绕组与电源的连接，仅让电动机的主绕组单独接在电源上运行。

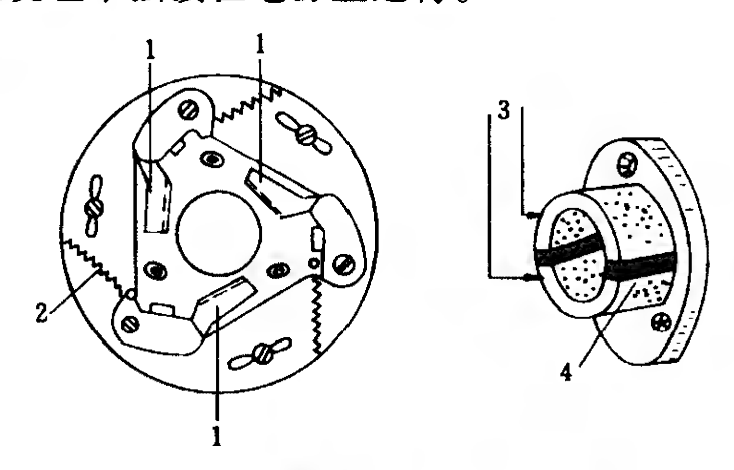
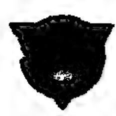


图 1-21　离心开关结构示意图

1—指形铜触片；2—弹簧；3—铜片；4—绝缘

由于离心开关结构复杂并且容易发生故障，严重时甚至烧毁辅助绕组。而且开关又是整个地安装在电动机内部，出了问题检修也极不方便，所以现在的单相电动机已较少采用离心开关来作起动装置，而采用多种类型的起动继电器。起动继电器通常装在电动机机壳上，检查、维修和测试都极为方便。常用的继电器类型主要有电压型、电流型和差动型三种，以下分别介绍其工作原理。



（1）电压型起动继电器。

接线如图 1-22 所示，继电器的电压线圈跨接在电动机的辅助绕组上，其动开触点串连接在辅助绕组电路中。接通电源后在主、辅绕组中均有电流通过，这时单相电动机开始起动。由于跨接在辅助绕组上的电压线圈其阻抗比辅绕组阻抗大，所以电动机在低速时通过电压线圈中的电流很小。但随着转速的不断升高，辅助绕组中的反电动势逐渐增大，使得电压线圈中的电流也逐渐增大；当达到一定数值时，电压线圈产生的电磁力克服弹簧拉力使动开触点断开，从而切断了辅助绕组与电源的连接。在正常运行中由于起动用辅助绕组内始终存在有感应电动势，使电压线圈中仍有电流通过，所以起动继电器的触点能保持在断开位置，从而也就保证电动机在正常运行时辅助绕组不会接入电源。

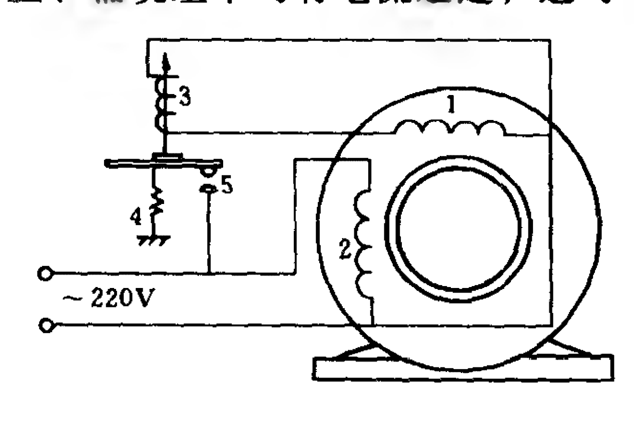


图 1-22　电压型起动继电器原理接线图

1—辅助绕组；2—主绕组；3—电压线圈；4—弹簧；5—动开触点

（2）电流型起动继电器。

接线如图 1-23 所示，起动继电器的电流线圈与单相电动机的主绕组串联，其动合触点与电动机辅助绕组相串联。电动机未接通电源时，动合触点在弹簧压力的作用下处于断开状态。而当电动机接通电源进入起动阶段时，此时比额定电流大几

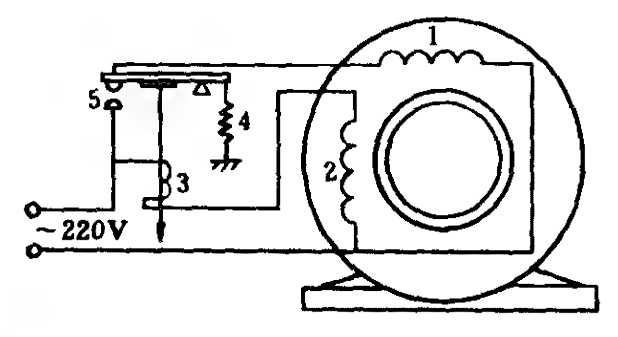
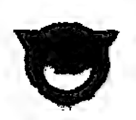


图 1-23　电流型起动继电器原理接线图

1—辅助绕组；2—主绕组；3—电流线圈；4—弹簧；5—动合触点



倍的起动电流流经继电器线圈，使继电器的铁心产生极大的电磁力。该电磁力足以克服弹簧压力使动合触点闭合，从而将辅助绕组与电源接通，电动机起动。随着电动机转速不断上升，其电流则随着逐渐减小，当转速达到额定转速的70%～80%时，电动机主绕组内的电流将会减小。这时起动继电器电流线圈所产生的电磁力将小于弹簧压力，动合触点被断开而切断辅助绕组的电源，单相电动机的起动过程结束。

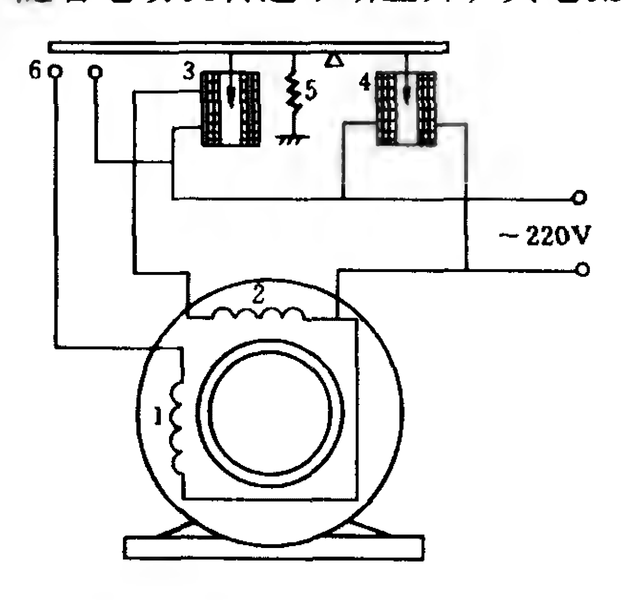


图1-24　差动型起动继电器原理接线图

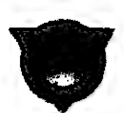
1—辅助绕组；2—主绕组；3—电流线圈；4—电压线圈；5—弹簧；6—触点

(3) 差动型起动继电器。接线如图1-24所示，差动式起动继电器有电流和电压两个线圈，因而其工作更为可靠。它的电流线圈与电动机的主绕组相串联，电压线圈则经过动开触点与电动机的辅助绕组相并联。当电动机接通电源时，主绕组和电流线圈中的起动电流很大，使电流线圈产生的电磁力足以保证起动继电器触点可靠闭合。起动过后电流逐步减小，电流线圈产生的电磁力也随之减小。于是，电压线圈的电磁力使触点断开并切除了辅助绕组电源。单相异步电动机的起动过程结束。

第4节　同步电动机工作原理与结构

同步电动机是依靠同步转矩工作的交流电机。由于这种电动机的转速和旋转磁场的转速同步，所以称为同步电动机。

单相同步电动机是以单相交流电为电源，转子按定子旋转磁场转速同步运行的单相电动机。这种电动机的功率一般都比较



小，其额定功率多从零点几瓦到几百瓦。单相同步电动机因具有在电源电压波动或负载转矩变化时仍可保持转速恒定不变的特性，从而被大量应用于复印机、传真机、打印机和各种精确计时装置中。

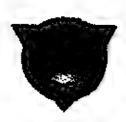
单相同步电动机的定子结构与单相异步电动机相似，其作用也都是用来建立一个定子旋转磁场。但单相同步电动机转子结构的差异却很大，一般根据转子结构的不同，单相同步电动机可分为永磁式、反应式和磁滞式三种。制成这些单相同步电动机转子的磁极材料有很大的差别，因而其工作原理也就不尽相同，以下将分别介绍它们的工作原理、结构及特点。

一、永磁式同步电动机

1. 永磁式同步电动机的工作原理

永磁式单相同步电动机的定子与单相异步电动机定子基本相同，主要制成电容分相式和罩极式两种结构，其作用都是用来产生定子旋转磁场。转子则由永久磁钢制成，其结构型式有凸极式和隐极式两种。永磁式单相同步电动机的特点是功率因数和效率都比较高，其有效材料的利用也较好，它比同体积其他类型单相同步电动机的输出功率要大。

永磁单相同步电动机是依靠定子旋转磁场与永磁转子磁场的相互作用而工作的。因此，只有在转子转速等于定子旋转磁场转速时，它才能形成稳定的同步转矩。其工作原理如图 1-25 所示，当永磁单相同步电动机的定子接通交流电源后，将产生一个定子旋转磁场，图中是用旋转磁极来表示这个旋转磁场的。在定子磁场以同步转速朝着图示的逆时针方向旋转时，根据磁场异性相吸的原理 N 极与 S 极就会互相吸引。定子的旋转磁极就将与转子永久磁极紧紧吸住，并拖着转子一起旋转。因转子是由定子旋转磁场拖着旋转的，所以转子的转速将与定子旋转磁场转速同步。但当电动机转子上的负载转矩增大时，定子磁极轴线与转子磁极轴线间的夹角 α 就会相应增大。而当电动机转子上的负载减小时，该两轴线间的夹角则又会减小。虽然负载变化时定、转子之



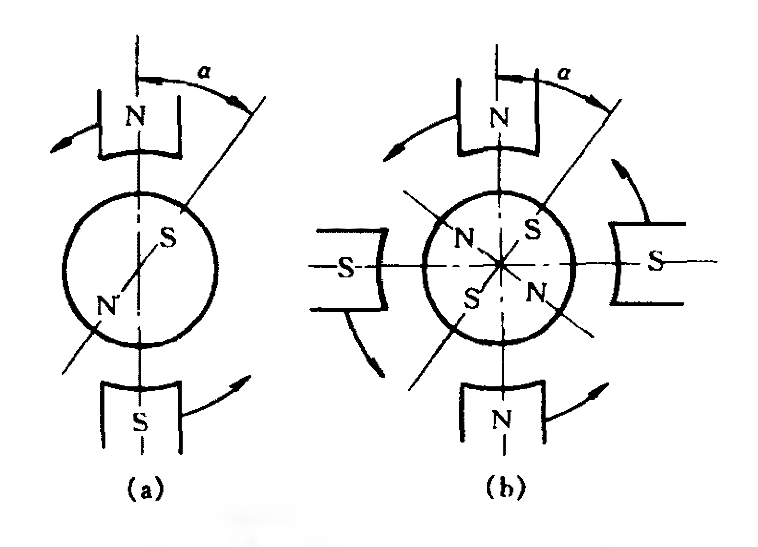


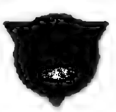
图 1-25　永磁式单相同步电动机的工作原理

间的夹角 α 会增大或减小，但只要负载不超过一定的限度，转子永久磁极就将始终随着定子旋转磁场以恒定的同步转速运转，转子的转速为：

$$n = \frac{60f}{p}(\mathrm{r/min})$$

由此可见，转子转速只决定于电源频率 f 和电动机的极对数 p。但是如果电动机轴上负载转矩超出一定限度，转子就将不再按同步转速运行而发生失步现象，严重时甚至还可能停止运转。这个最大限度的转矩称为最大同步转矩。因此，在选择和使用单相同步电动机时，其负载转矩不能大于最大同步转矩。转子是不可能以不同于定子旋转磁场转速而仍能沿其方向旋转的。如果可能的话，则定子旋转磁场与转子磁极之间将存在相对运动，在图 1-25 所示的瞬间转子会受到逆时针方向的转矩。而当定子旋转磁场相对于转子转过 90°或 180°时，作用在转子磁极上的电磁转矩却变成了顺时针方向。因而定子旋转磁场相对于转子每转过一周，转子所受电磁转矩的平均值就将为零。这说明电动机转子不可能在这种方向变化的电磁转矩的作用下，以不同于定子旋转磁场的转速稳定运行。因此，转子稳定运行时的转速只能等于定子旋转磁场的转速，也就是说必须等于同步转速。

上述电磁转矩的形式也可以用磁力线的性质来说明。磁力线



具有尽量收缩其长度，使自身所经磁路的磁阻最小的特性。如图1-26所示，在 $0° < \alpha < 90°$ 时，磁力线被扭曲和拉长。由于磁力线的收缩使转子上产生了电磁转矩；当 $\alpha = 90°$ 时，磁力线被扭曲和拉长得最为严重而产生的电磁转矩也最大。如电动机的磁极对数 $p = 2$，从图1-26（b）中也不难看出，当 $\alpha = 0°$ 和 $90°$ 时，转子都只受到径向力的作用而磁力线没有被扭曲拉长，因而也就不会产生电磁转矩。而当 $\alpha = 45°$ 时，磁力线被扭曲拉长得最严重其电磁转矩也就最大。如磁极对数 p 为其他值时，可依此类推。由此可见，无论电动机的磁极对数 p 等于多少，当定、转子轴线间的电角度等于0°时，其电磁转矩为零；而电角度由0°向90°增加时则电磁转矩随之增加；当电角度为90°时其电磁转矩为最大，此时所对应的机械角度 $\alpha = 90°/p$。因此，当电动机的负载转矩增加时，稳定后的转速虽然不变但其电角度却相应增大。如果负载转矩超过最大同步转矩，电动机将会因拖不动负载使转速下降而出现失步现象，严重时可能停止运转。

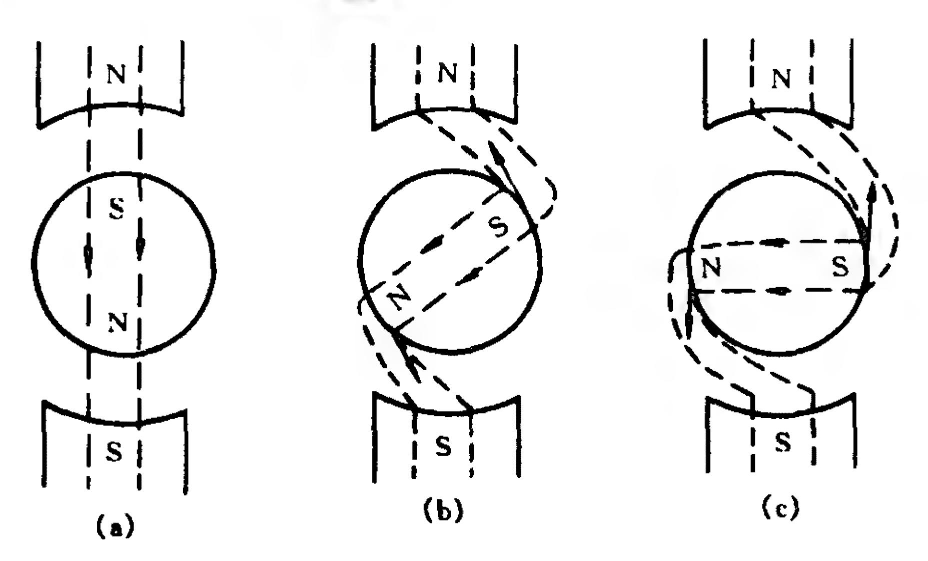
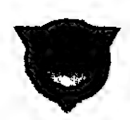


图 1-26　永磁式同步电动机的电磁转矩

永磁式单相同步电动机在转速比较高而转子惯性又比较大的情况下，仅靠永磁式电动机转子本身是无法起动的。因为在刚起动时，转子不可能立即以静止状态跟上并达到定子旋转磁场的转速，两者间也就将存在相对运动。如前所述，这时作用在转子上



的电磁转矩平均值为零。也就是说，永磁式单相同步电动机这时不产生起动转矩，因而也就不能自行起动。为此，通常需要在电动机转子上加装一套鼠笼式起动绕组。从而在电动机起动时依靠鼠笼绕组像异步电动机那样产生起动转矩，使转子旋转起来。当转速上升到接近同步转速时，定子旋转磁场与转子永久磁极相互吸引，从而将转子拉入同步转速运行。此时因转子与旋转磁场已无相对运动，所以鼠笼起动绕组已不起作用。

2．永磁式同步电动机的结构

永磁式单相同步电动机的转子是用永久磁钢制成的，它也是依靠永磁转子磁场和定子旋转磁场的相互作用而工作的。只有当转子转速等于定子旋转磁场速度时，它才能形成稳定的同步转矩拖动转子和负载。如果转子一旦在异步状况下运行，将因定、转子磁场相互作用产生的平均转矩为零，从而不可能正常运行。因此，永磁式单相同步电动机为了解决起动和同步运行的问题，需要在永磁转子上设置笼型绕组或磁滞材料环，其结构如图 1-27 所示。为了增大永磁式单相同步电动机在同步状态下的最大功率，可将笼型转子铁心部分制成凸极式，若将这种结构单相电动机的磁钢磁极轴线沿凸极位移 45°电角度，则可产生最大的合成同步转矩凸极式永磁电动机的转子结构如图 1-28 所示。

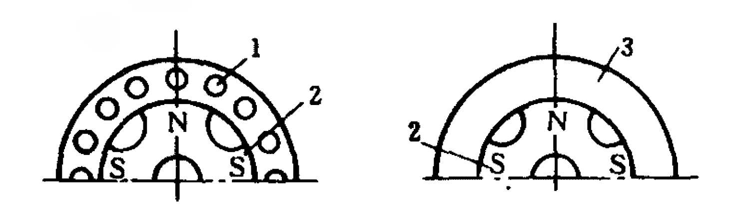


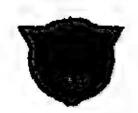
图 1-27　永磁式同步电动机的转子结构

1—鼠笼绕组；2—永久磁铁；3—磁滞环

二、磁滞式同步电动机

1．磁滞式同步电动机的工作原理

磁滞式单相同步电动机是一种利用磁场滞后作用产生电磁转矩的电机。这类电动机的定子结构与单相异步电动机相似，转子



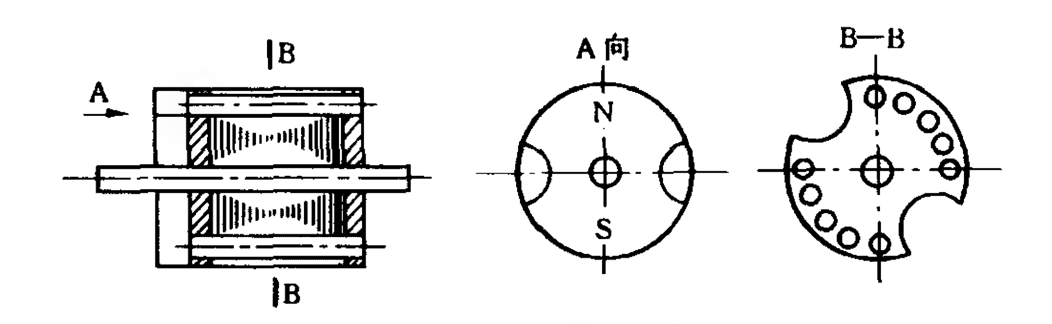


图 1-28　凸极式永磁转子结构

则是磁滞材料制成光滑表面的圆柱体。这种磁滞材料在进行反复磁化时，磁分子不能按外部磁场方向及时作相应的排列。因而在时间上有一个较大的滞后，并产生较明显的磁滞现象。

磁滞式单相电动机的主要特点是其具有较大的起动转矩，因此它不需要任何起动绕组就能自行进入同步，并稳定地在同步转速下运行。而且结构简单、运行可靠，所以被广泛应用于传真机、录音机和自动控制、自动记录仪器等装置。

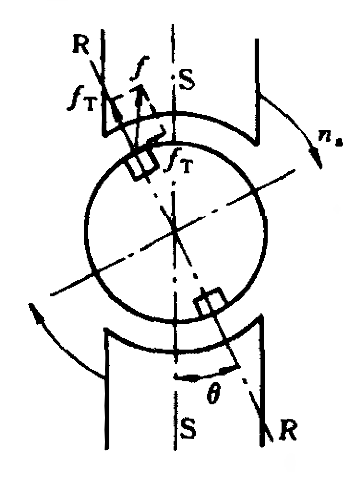


图 1-29　磁滞转矩的形成

磁滞单相电动机的工作原理如图 1-29 所示，当磁滞式单相同步电动机的定子绕组接通电源后，将产生旋转磁场并使转子材料的磁滞层迅速磁化。在转子磁滞层磁化的过程中由于转子磁场的磁滞作用，以致转子磁化磁场跟不上定子旋转磁场的变化而落后一个角度 θ。于是，定子旋转磁场与转子磁化磁场之间的相互作用，就产生了一对切向分力 f_t 和一对径向分力 f_r，其中切向 S-S 为定子旋转磁场轴线，R-R 为转子磁化磁场轴线，两轴线夹角为 θ。磁滞单相同步电动机的矩角特性如图 1-30 所示，在磁滞角为 90°时其转矩达到最大值。如负载转矩等于磁滞转矩时，转子的转速将从零一直增加到同步转速。这时转子相对于旋转磁场不产生相对运动，转子即被恒定地磁化。转子上各处的磁感应强度是恒定的，于是硬磁材料制成的转子将类似如一个永磁转子而被牵入同步转速运行。



2. 磁滞式同步电动机的转子结构

磁滞式同步电动机是利用磁滞作用产生转矩的单相同步电动机。该电动机的定子与单相异步电动机的定子结构相似，其作用为产生定子旋转磁场。转子则采用磁滞材料制成光滑表面的圆柱体，其结构如图 1-31 所示。

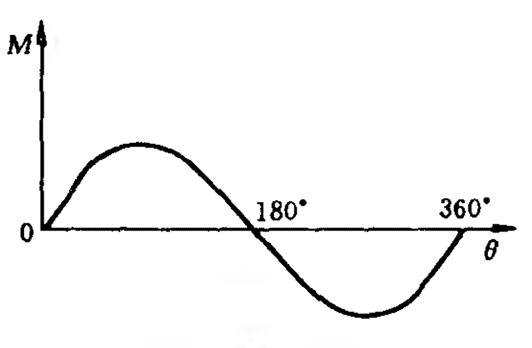
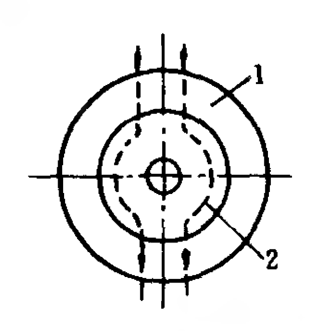


图 1-30 磁滞式同步电动机的矩角特性



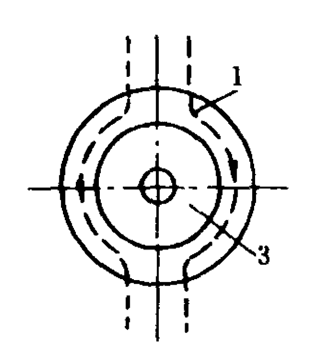


图 1-31 磁滞式同步电动机的转子结构

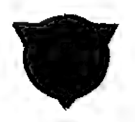
1—磁滞层；2—磁性套筒；3—非磁性套筒

磁滞式单相同步电动机既可在同步状态下运行，也可以在异步条件下工作，因为它在异步状态时也能产生电磁转矩。当负载转矩大于磁滞转矩时，磁滞同步电动机将工作在异步状态。不过磁滞同步电动机在异步条件下运行的情况极为少见，这是因为在异步运行时转子铁心会交变磁化，将产生很大的磁滞损耗和涡流损耗，因而很不经济。磁滞单相同步电动机的最大优点是具有很大的起动转矩，因而它无需设置任何起动绕组就能很快自行起动。

三、反应式同步电动机

1. 反应式同步电动机的工作原理

反应式单相同步电动机的转子是用无磁性的导磁材料制造的。转子的磁极是由定子磁场磁化而来，所以称为“反应式”同



步电动机。同时又因为它转子上交轴和直轴的磁阻不等，因而产生磁阻转矩来拖动转子旋转，所以又称为磁阻式单相同步电动机。

图 1-32 所示为反应式单相同步电动机的基本结构。在定子绕组通电后将产生一个旋转磁场，当旋转磁场的轴线与转子直轴（顺凸极方向）重合时，其气隙最小而磁阻也小，如图 1-32（a）所示；在旋转磁场轴线与转子交轴（垂直于凸极方向）重合时，则气隙最大而磁阻也大，如图 1-32（b）所示。

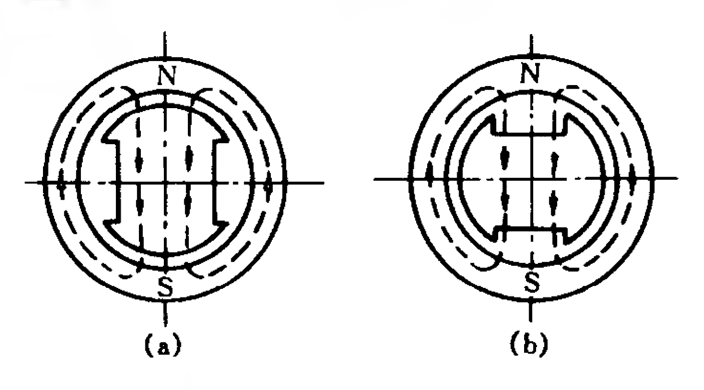
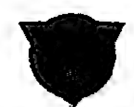


图 1-32　反应式同步电动机结构示意图

（a）旋转磁场的轴线与转子直轴重合时；

（b）旋转磁场的轴线与转子交轴重合时

图 1-33 所示为反应式单相同步电动机的工作原理。导磁材料在外磁场的作用下将被磁化而感应出暂时的极性，从而会受到外磁场的作用力。同理，当不励磁的凸极转子放在旋转磁场里（这里是用一对旋转磁极表示）。电动机同步运行时，当转子凸极轴线（即直轴）与定子旋转磁场轴线间的夹角为零时，磁路的磁阻最小而磁力线最短，这时气隙磁场没有扭曲现象其磁阻转矩为零。如图 1-33（a）所示，这时电动机为理想的空载状态。当转子带上负载后，转子凸极轴线对定子磁场轴线将滞后一个夹角 θ，气隙磁场因而被扭曲，其磁力线所经路径被拉长，磁阻增大。被拉长的磁力线力图缩短以减小磁阻，于是就产生出磁阻转矩。如该磁阻转矩与负载转矩平衡，电动机处于稳定运行状态。当负载转矩增大时，转子凸极的轴线与定子旋转磁场轴线夹角增



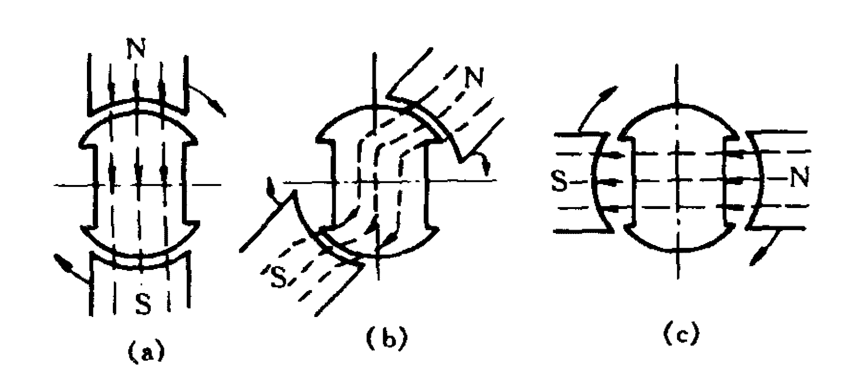


图 1-33　反应式单相同步电动机工作原理

(a) $\theta=0°$；(b) $\theta=45°$；(c) $\theta=90°$

大。在夹角 $\theta=45°$电角度时，电动机的磁阻转矩为最大值，如图 1-33（b）所示。当负载继续增大时其磁阻同步转矩将减小，在 $\theta>45°$电角度时电动机将因失步而进入异步运行状态。反应式单相同步电动机的矩角特性如图 1-34 所示。

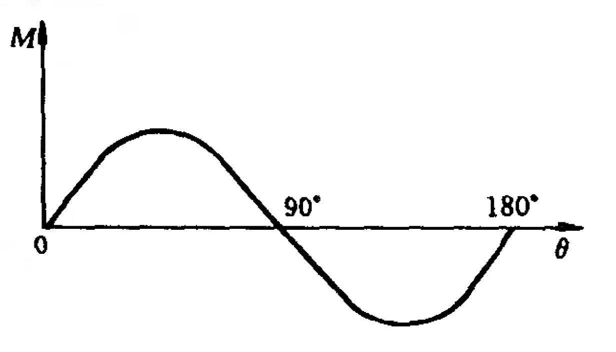


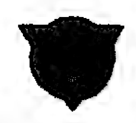
图 1-34　反应式同步电动机的矩角特性

显然反应式单相同步电动机与永磁式同步电动机产生电磁转矩的原理不同。永磁式转子它具有固定的磁极且其极性与定子旋转磁场无关，电磁转矩是由具有固定极性的定、转子磁极相互作用产生的。而反应式同步电动机的转子没有固定磁极，其磁极极性是由定子旋转磁场磁化而形成的。只有在直轴和交轴磁阻不等时，才有可能产生电磁转矩。

由于反应式单相同步电动机转子上无励磁绕组，当转子转速未达到旋转磁场同步转速时，作用在转子上的电磁转矩平均值将等于零。因此，这种电动机也需要增设鼠笼式起动绕组才能够正常起动。

2. 反应式同步电动机的转子结构

反应式单相同步电动机通常由笼型异步电动机派生而来。两



种电动机的定子结构基本相同，差别主要在转子结构上。反应式单相同步电动机的转子一般是在异步电动机的转子铁心冲片上加开反应槽而成。其常见的转子结构有外反应式（凸极式），内反应式和内、外反应式三种，如图 1-35 所示。

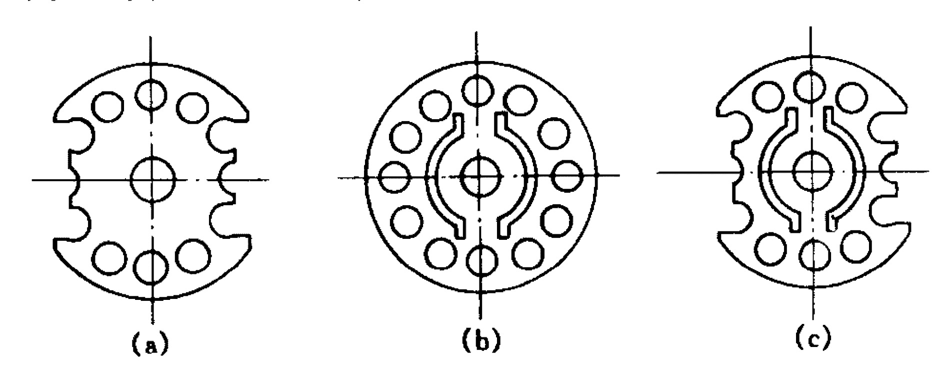


图 1-35 反应式同步电动机的转子冲片

(a) 外反应式；(b) 内反应式；(c) 内外反应式

外反应式转子冲片的反应槽多数开在冲片外圆，故其结构简单且易于加工。内反应式转子冲片的反应槽多开在转子内部，因转子极弧较大，所以其同步性能比外反应式结构要好。内、外反应式的转子冲片结构因其直轴与交轴的磁阻差别大，与相同尺寸的外反应式转子相比，其容量可提高一倍，但制造工艺比较复杂。

反应式单相同步电动机起动时，依靠转子上铸铝鼠笼绕组的作用产生异步起动转矩。当转速达到接近同步转速时，则利用磁阻转矩将转子牵入同步运行。如果负载变化而引起转子失步摆动，鼠笼绕组还可以起阻尼稳速作用，以使电动机迅速返回同步运行状态。

第 5 节 串励电动机工作原理与结构

单相串励电动机具有转速高、体积小、重量轻、效率高、起动转矩大、过载能力强和调速方便等一系列优点，因而被大量地应用于电动工具、家用电器、小型机床、化工、医疗器械等方

面。如电锤、电钻、电刨、电动扳手、电动缝纫机、高速离心机、地板打腊机、吸尘器、电吹风、电动剃须刀等，都使用功率大小不一的单相串励电动机作为动力机械。

单相串励电动机的主要缺点是噪声和振动都比较大。此外，由于换向困难使电刷容易产生换向火花，从而对无线电带来较大的电磁干扰。

一、单相串励电动机工作原理

单相串励电动机的工作原理与直流串励电动机的工作原理完全相同。为了更容易理解单相串励电动机的工作原理，先简要地概述直流串励电动机的工作原理。

1. 直流串励电动机工作原理

直流串励电动机的工作原理如图 1-36 所示，从图中可以看出直流串励电动机的励磁绕组与电枢绕组是串联的。如按图中所示的直流电源极性接通电动机后，根据励磁绕组产生主磁通 Φ 的方向和电枢绕组的电流方向，利用电动机左手定则便可确定电枢将按逆时针方向旋转。由于电刷和换向器的换向作用使电动机在旋转时，其位于一定磁场极性下的电枢导体内通过的电流方向保持不变。因此，电枢的旋转方向也将保持不变，而继续沿着逆时针方向旋转。

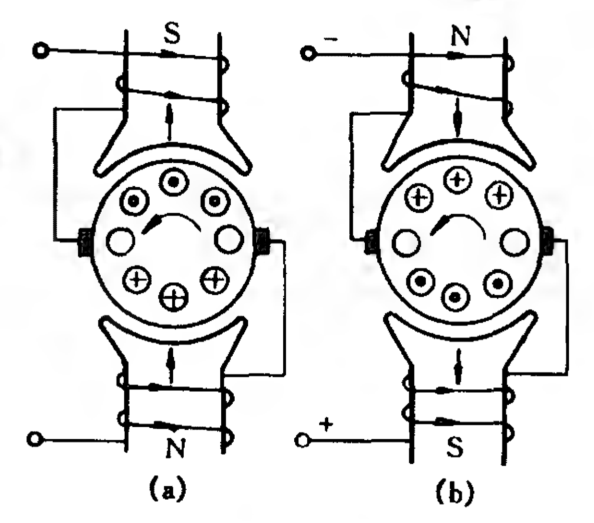
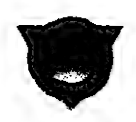


图 1-36　直流串励电动机工作原理示意图

如将图 1-36（a）所示电动机所接的直流电源极性对换，就会成为图 1-36（b）中所示的情形。在直流电源极性反接以后，虽然进入直流电动机绕组的电源极性已改变，但由于其励磁绕组与电枢绕组是串联的，因而主磁通 Φ 的方向和电枢绕组内电流同时改变。根据电动机左手定则可知，主磁通与电枢电流同时改变方向时，电枢的旋转方向将保持不变，所以图 1-36（b）



中的直流串励电动机仍将按逆时针方向旋转。

2. 单相串励电动机工作原理

从上述已知，直流串励电动机定子磁极的极性是固定不变的。电动机在运行时电枢绕组经换向器和电刷的联合作用，以保证该电枢绕组各单个线圈元件边相对于磁极的电流方向不变，从而使直流串励电动机的旋转方向也保持不变。如将直流串励电动机磁极的极性和电枢电流的方向同时改变，直流串励电动机的旋转方向仍不会改变。

如果将上述直流串励电动机改接到单相交流电源上。这时，虽然电源的极性在反复不断地变化，但电动机励磁绕组和电枢绕组内的电流也在同时改变，因而电枢的旋转方向却仍能始终保持不变。其情形就如图 1-37 所示。所以，单相串励电动机实质就是运行在单相电源上的直流串励电动机。只不过这两种电动机的设计参数各有不同而已。这也就是单相串励电动机能应用于交、直流两种电源的根本原因。

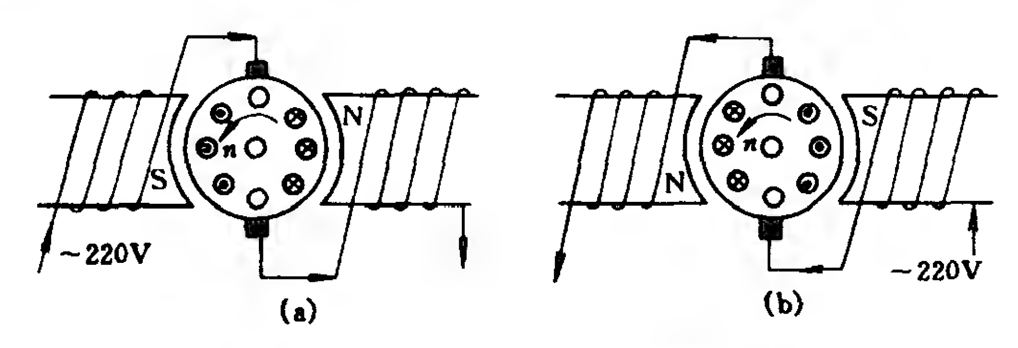
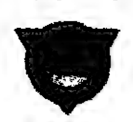


图 1-37 单相串励电动机工作原理示意图

在图 1-37 所示的单相串励电动机中，如电流 i 是按正弦规律变化（即电网交流电源），即 $i = I_m \sin\omega t$。这样，定子磁场的磁通也将按正弦规律变化，如图 1-38 所示。

根据电动机电磁力矩公式 $M = C_M \Phi i$，当电流为正半周时，电磁力矩 $M = C_M \Phi i > 0$；电流为负半周时，电磁力矩 $M = C_M \Phi i < 0$，如图 1-39 所示。

从图 1-39 可以看出，电磁力矩为正值，因而就能保证单相串励电动机旋转方向与电流方向的交变无关。



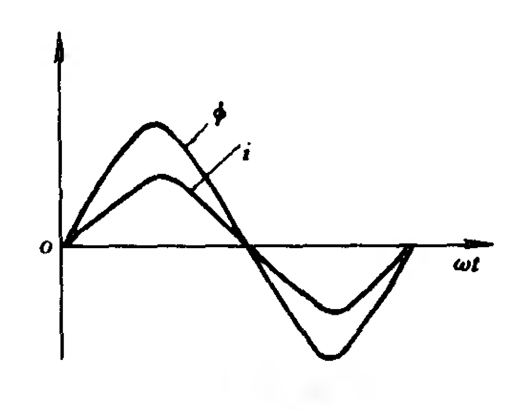


图 1-38　励磁电流与磁通的关系

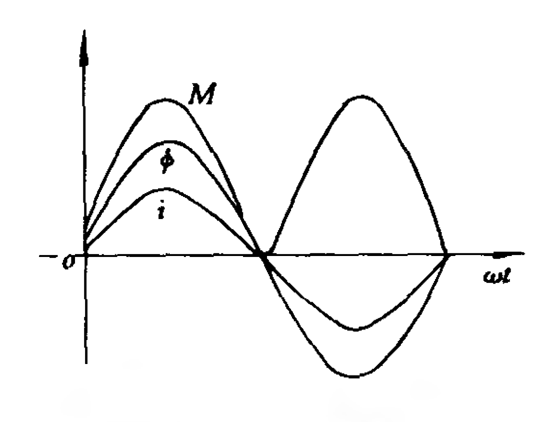


图 1-39　电流、磁通、电磁力矩的关系

由上述可知，单相串励电动机的旋转方向是由定子主磁通方向和电流方向共同决定的。因此，单相串励电动机如要改变旋转方向，就必须改变产生主磁通的定子励磁绕组电流方向，或改变电枢绕组内的电流方向才能实现。不过绝大多数单相串励电动机都是设计成单向运转的，因为被其拖动的机械负载大多不需双向运行。

由于单相串励电动机都制成 2 极，因而转速 n 为：

$$n = \frac{60E}{\Phi_N}(\text{r/min})$$

式中　E——感应电动势（V）；

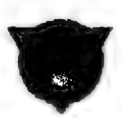
Φ——磁通（Wb）；

N——电枢绕组总导体数。

根据上式可知，可以通过改变磁通或导体数来获得所需的转速。例如 Φ 越大、N 越多电动机的转速 n 越低，反之则转速越高。

单相串励电动机的转速可高达 20000r/min 以上，一般也都在 4000～10000r/min 左右。当转速低于 4000r/min 以下时，电动机的各项性能将变得比较差。

单相串励电动机可以采用交流电源，但也可以用于直流电源。当交流电压的有效值与直流电源电压值相等时，单相串励电



动机的转速、转矩及机械特性均相同。

二、单相串励电动机的结构

单相串励电动机的构造与小功率直流电动机基本相同，它主要由定子、电枢、换向器、电刷、电刷架等部件组成，现分别简介如下。

1. 定子部分

单相串励电动机的定子由定子铁心和励磁绕组（简称磁极线圈）构成。为减小涡流损耗，定子铁心由 0.35～0.5mm 厚的硅钢片叠装而成。小功率单相串励电动机定子铁心、线圈如图 1-40 所示。定子铁心和线圈的安装如图 1-41 所示，铁心为凸极式，绕组为集中式。

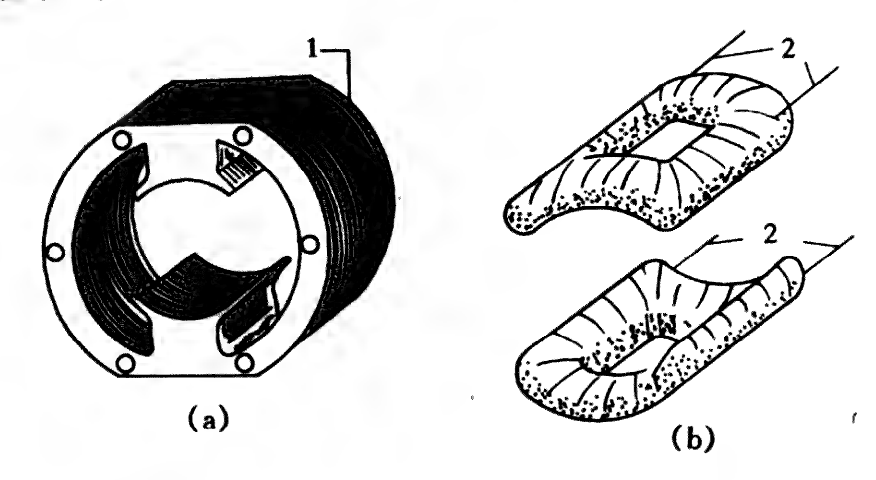


图 1-40　串励电动机定子铁心和线圈

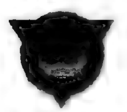
(a) 定子铁心；(b) 定子线圈

1—叠片铁心；2—引线

单相串励电动机的定子上装有励磁绕组，功率大于几百瓦的还另装有换向绕组和补偿绕组。图 1-41 所示这种小功率单相串励电动机的特点是既没有换向极也没有补偿极，它的最大功率一般不超过几百瓦。主要用于电动工具，如手电钻、电锤及家用电器。单相串励电动机功率小于 200W 时多制成 2 极，功率大于 200W 一般制成 4 极。

2. 电枢部分

电枢是单相串励电动机的旋转部分，它由电动机转轴、电枢



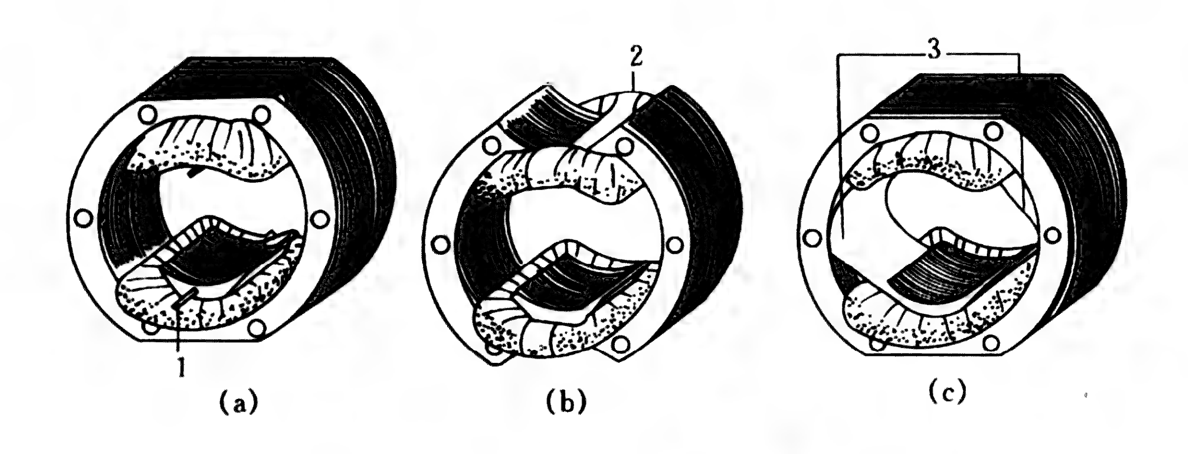


图 1-41　串励电动机定子励磁线圈的安装

(a) 销子固定；(b) 绝缘带固定；(c) 纸板楔固定

1—穿过铁心的销子；2—金属夹子或绝缘带；3—纸板楔

铁心、电枢绕组和换向器等组成。通常冷却风扇也固定在电枢转轴上。电枢铁心用 0.5mm 硅钢片沿轴向叠装后，再将转轴压入其中。电枢铁心冲片的槽形一般均为半闭口槽，在槽内嵌放有电枢绕组。电枢绕组内各线圈元件的首、尾端都与换向器上的换向片相焊接，以构成一个闭合的整体绕组。单相串励电动机的电枢铁心冲片如图 1-42 所示。为了简化工艺，电枢铁心的槽通常都制成与转轴的轴线平行，如图 1-43 所示。但也可以叠装成斜槽形式，即槽与转轴的轴线间有一个夹角，如图 1-44 所示。斜槽结构虽然在工艺上较为复杂，但它可以使磁极极面与电枢铁心间的磁阻变化较小，从而起到减弱电动机运行时噪声的作用。

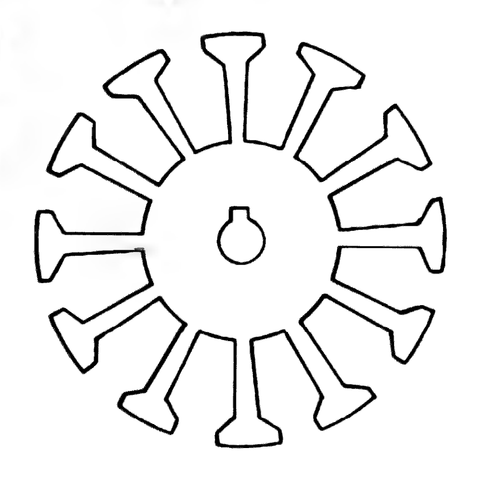


图 1-42　单相串励电动机电枢冲片

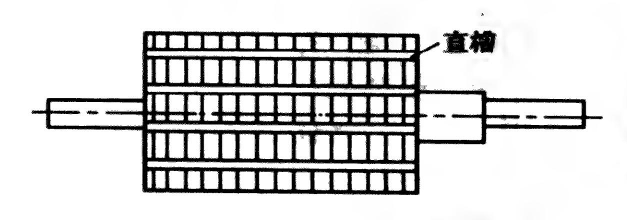
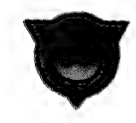


图 1-43　电枢铁心直槽式结构示意图

3. 换向器部分

单相串励电动机电枢上的换向器结构与直流电动机



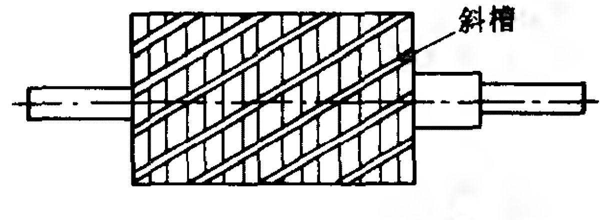


图 1-44 电枢铁心斜槽式结构示意图

的完全相同。它是由许多换向片围抱在一个绝缘圆筒面上制成的，各换向片相互之间用云母片予以绝缘。换向片被加工成楔形，并在各换向片下部的两端开有 V 形槽，在这两端的 V 形槽里压入塑料绝缘，使各换向片紧固成一个整体，并使转轴与换向器相互绝缘。这样的机械和绝缘结构，完全可以承受高速旋转时所产生的离心力而不变形。在电动工具中，单相串励电动机采用的换向器一般有半塑料换向器和全塑料换向器两种结构。全塑料换向器就是在换向片间全部采用耐电弧塑料绝缘压制的换向器。如图 1-45 所示即为单相串励电动机所用换向器。

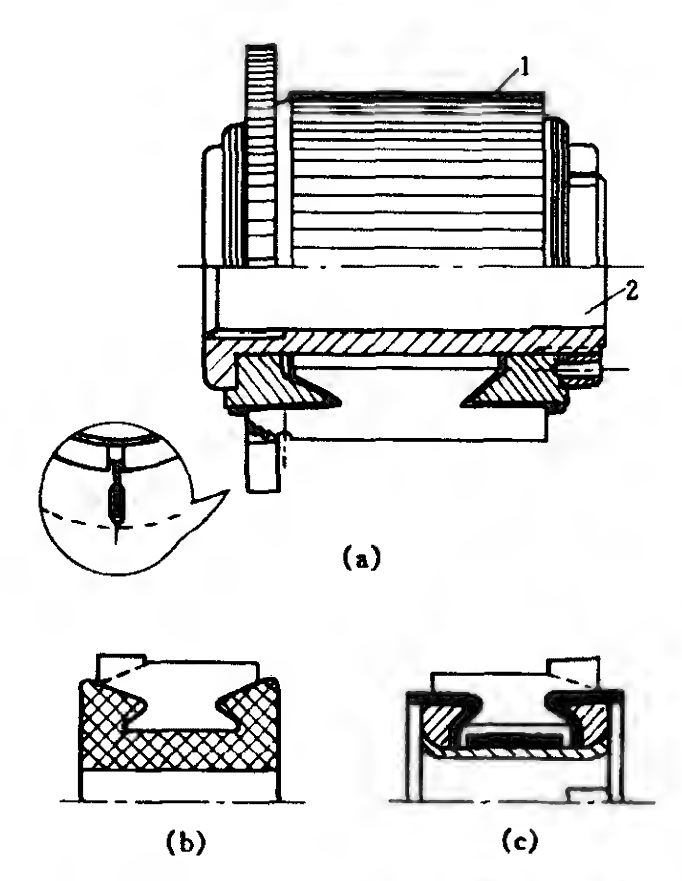
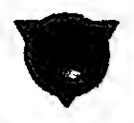


图 1-45 单相串励电动机换向器结构示意图
(a) 换向器结构；(b) 塑料换向器；(c) 用套筒固定
1—换向片；2—转轴



4. 电刷架部分

电刷架通常是用胶木粉压制底板，再加刷握和盘式弹簧组成。目前，国内单相串励电动机的刷握按其结构型式可分为管式和盘式两大类。现在单相串励电动机的刷握大部分采用图 1-46 所示的盒式结构。盒式结构的刷握结构简单、加工容易和调节方便，所以特别适合于需要移动电刷位置以改善换向的场合。盒式刷握的缺点是刚性差、变形大，不适应于转速高、振动大的电动机。

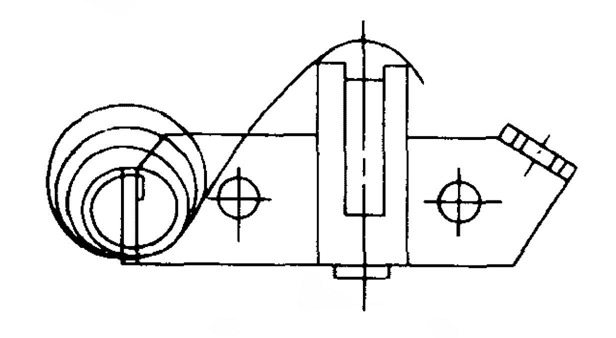


图 1-46　盒式刷握结构图

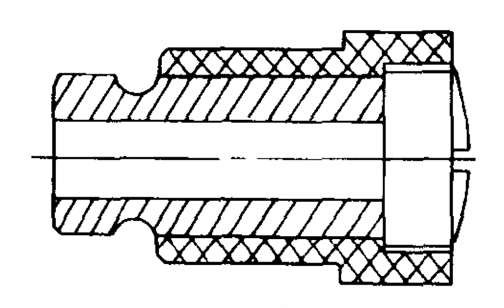
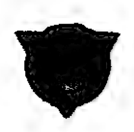


图 1-47　管式刷握结构图

图 1-47 所示为管式结构刷握，管式结构可靠、耐用，它恰好能弥补盒式结构的不足。但是管式结构刷握的加工工艺要求较高，而且外形也比较难以安排。

电刷是单相串励电动机的一个重要附件，它不但担负电枢与外电路的连接，而且还与换向器配合共同完成电动机的换向工作。因此，电刷与换向器组成了单相串励电动机薄弱而又极为重要的环节。电刷与换向器之间不但有较大的机械磨损和振动，而且配合不当，还将产生严重火花和烧损换向器表面。因此，电刷是单相串励电动机良好运行的重要保证。

电刷的选择，主要是根据电刷的温升和换向器圆周速度而定。而电刷的温升则与电刷的电流密度、电刷与换向器的接触电压降、机械损耗以及电刷的导热性有关。而换向器圆周速度过高，容易引起电刷和换向器发热，并导致换向器和电刷火花增大。此外，在选择电刷时还应考虑电刷的硬度和磨损性能等因素



的影响。电动工具中的串励电动机采用的电刷多为DS型电化石墨电刷，表1-1所示为DS型电化石墨电刷的技术性能及工作条件。

表1-1　　DS型电化石墨电刷的技术性能及工作条件

型　号		DS-4	DS-8	DS-52	DS-72
电阻系数（分接触法）（Ω·mm）		6~16	31~50	12~52	10~16
压入法硬度（N/mm^2）		30~90	220~240	120~240	50~100
一对电刷的接触压降（V）		1.6~2.4	1.9~2.9	2~3.2	2.4~3.4
摩擦因数不大于		0.2	0.25	0.23	0.25
50h磨损不大（mm）		0.25	0.15	0.15	0.2
工作条件	额定电流密度（N/cm^2）	12	10	12	12
	允许圆周速度（r/min）	40	40	50	70
	电刷压力（N/cm^2）	1.5~2.0	2.0~4.0	2.0~2.5	1.5~2.0

5. 绝缘结构

单相串励电动机的绝缘结构与一般中小型电机大体相似，单相串励电动机常用绝缘结构如表1-2所示。

表1-2　　单相串励电动机的绝缘结构

名　称	材料型号	名　称	材料型号
电磁线	QZ2高强度聚酯漆包线	浸渍漆	环氧无溶剂漆
槽绝缘	0.15mm聚酯薄膜复合青壳纸	浸渍次数	浸渍两次

如无环氧无溶漆，可用6440环氧聚酯酚醛漆代替浸渍转子绕组，定子绕组可1032三聚氰铵醇酸漆代用。

用在电动工具中的单相串励电动机，为了确保操作安全，则必须采用双重绝缘结构，用符号 回 表示。所谓双重结构就是除了有一层工作绝缘外，定子和转子还需要加上一层保护性绝缘，以加倍防止万一因漏电而导致人身触电的安全事故。采用热塑性聚碳酸酯塑料制成的机壳，就可以作为定子的保护性绝缘。如果机壳是采用铝合金制成，可在机壳与铁心之间加一个3mm厚的塑料绝缘衬套来作定子的保护性绝缘。至于转子，可在转子铁心

轴孔与转子轴之间注入 4330 玻璃纤维塑料，作为转子的保护性绝缘。也可用增强尼龙 1010 塑料，或将塑料风扇将轴齿段与铁心轴段接在一起，以阻断电枢与工作部分的电气连接，从而构成转子的保护性绝缘。



单相电动机是小型机床、医疗器械、电动工具和家用电器等的动力机械，其应用是极为广泛的。正确选择和合理使用这些类型复杂、规格繁多的单相电动机是非常重要的，它直接关系到电器设备的安全运行和经济效益。单相电动机的选择内容应包括电动机类型、外壳防护型式、额定电压、额定功率、额定转速和各项性能等，其中又以功率选择最重要。

选择电动机功率的原则，应是在电动机能满足机械负载要求的前提下，最经济最合理地确定电动机功率的大小。如果功率选得过大，不仅使设备投资费用增加，而且因电动机经常轻载运行使其功率因数降低；反之如功率选得过小，电动机将长期过载运行，使得电动机温升增高、绝缘老化而缩短电机使用寿命；并且还有可能出现电动机起动困难和经受冲击性负载等情况。因此，必须慎重、正确、合理地选择单相电动机的功率。

第1节 电动机的类型

常用单相电动机可按其工作原理、结构和起动方式分类如表2-1所示。

从表2-1中可以看出，单相电动机的类型较多，因而它能适应生产、生活各方面的需要。

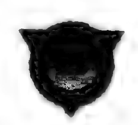
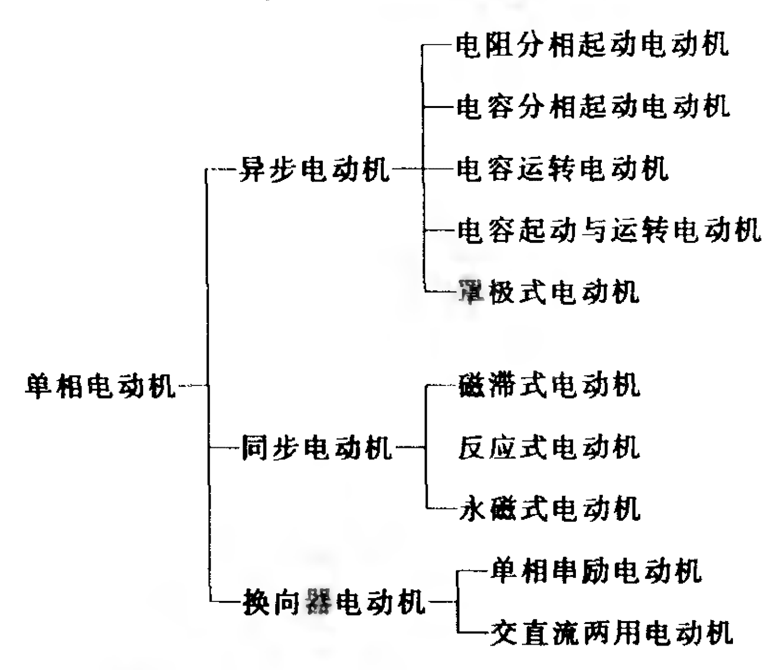


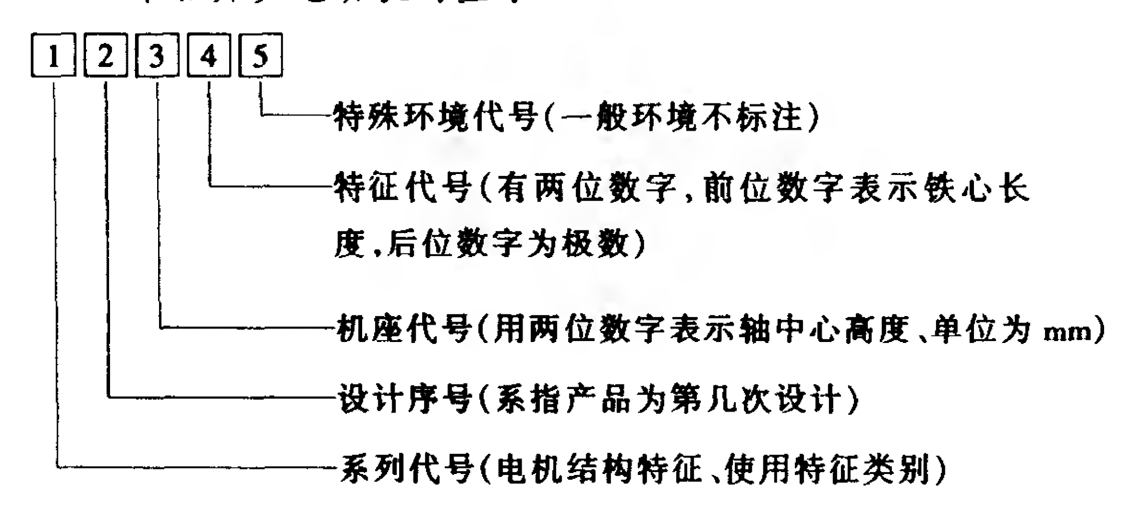
表 2-1　　单相电动机分类表



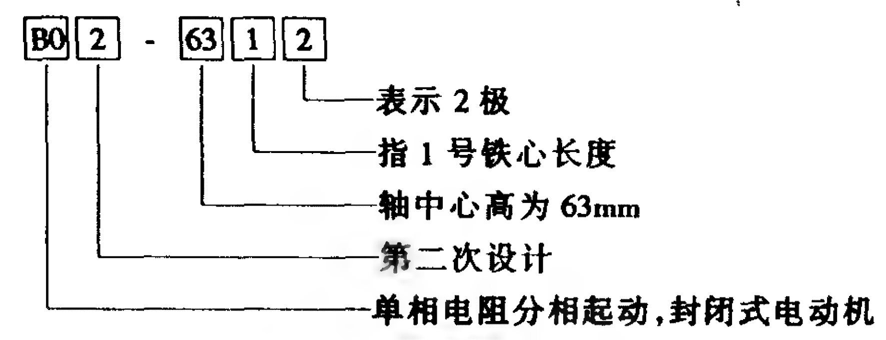
一、型号、系列

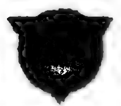
单相电动机的产品型号由系列代号、设计序号、机座代号、特征代号及特殊环境代号组成。

1. 单相异步电动机的型号



例如：B02-6312，其含义为：





单相异步电动机产品基本系列代号如表 2-2，表 2-3，表 2-4 所示。

表 2-2　　单相异步电动机系列产品代号表（一）

系列产品名称	代号	系列产品名称	代号
单相电阻起动异步电动机	YU	单相电容起动与运转异步电动机	YL
单相电容起动异步电动机	YC		
单相电容运转异步电动机	YY	单相罩极式异步电动机	FC2、FC4、F30

表 2-3　　单相异步电动机系列产品代号表（二）

系列产品名称	代　号	系列产品名称	代　号
单相电阻起动异步电动机	BO、BO2	单相电容起动与运转异步电动机	E
单相电容起动异步电动机	CO、CO2		
单相电容运转异步电动机	DO、DO2	单相罩极式异步电动机	F

表 2-4　　单相异步电动机系列产品代号表（三）

系列产品名称	代号	系列产品名称	代号
单相电阻起动异步电动机	JZ	单相电容运转异步电动机	JX
单相电容起动异步电动机	JY		

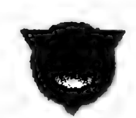
单相异步电动机的特殊环境代号如表 2-5 所示。

表 2-5　　单相异步电动机特殊环境代号表（四）

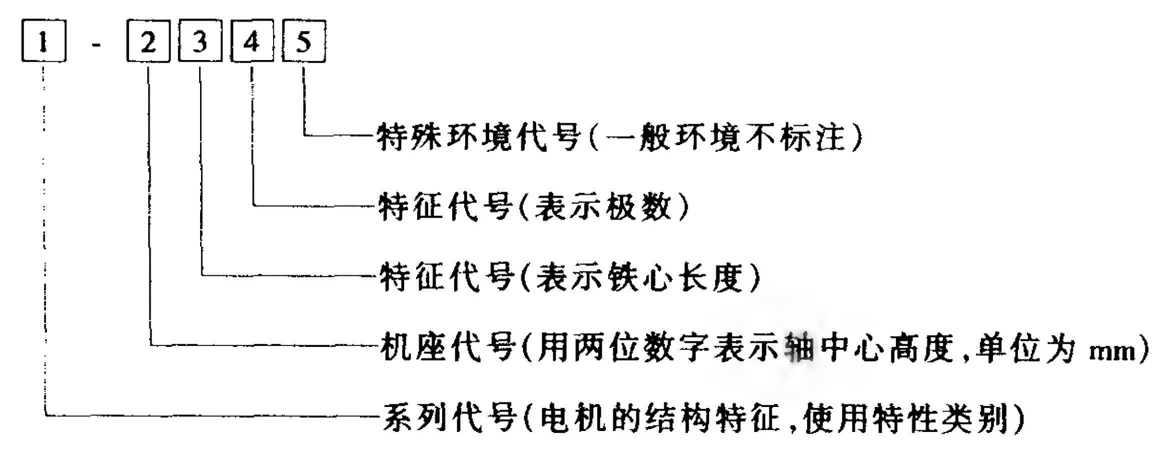
适 用 环 境	汉语拼音代号	适 用 环 境	汉语拼音代号
船　用	H	湿热带用	TH
热带用	T	高原用	G
干热带用	A	化工用（防腐用）	F

二、单相同步电动机的型号

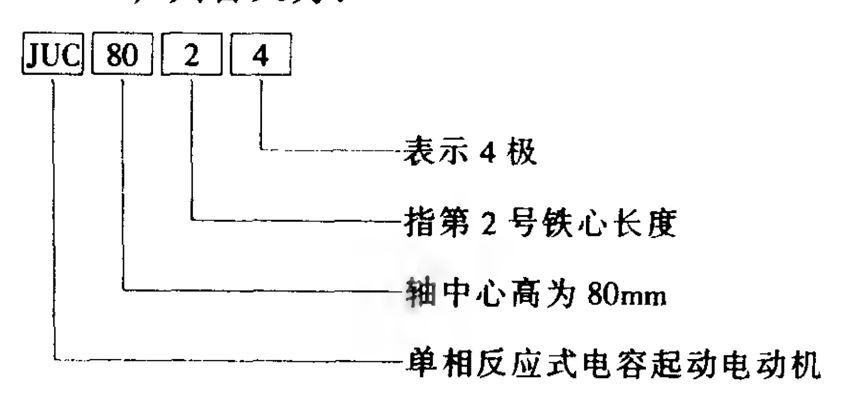
单相同步电动机是依靠同步转矩以恒定的同步转速工作的电动机。它适用于需要严格保持恒速或同步的各种机构，如传真机、录音机、热工仪表和自动记录装置中作为驱动元件。单相同步电动机常见的型式有反应式（又称磁阻式）、永磁式和磁滞式



三种，近年来还发展了电磁减速和一些混合式结构的新型式。单相同步电动机的型号及其含义如下：

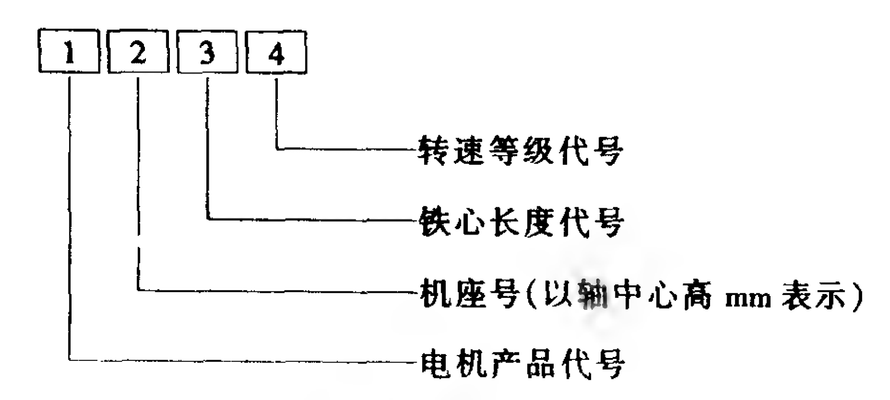


例如：JUC-8024，其含义为：

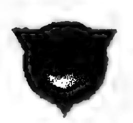


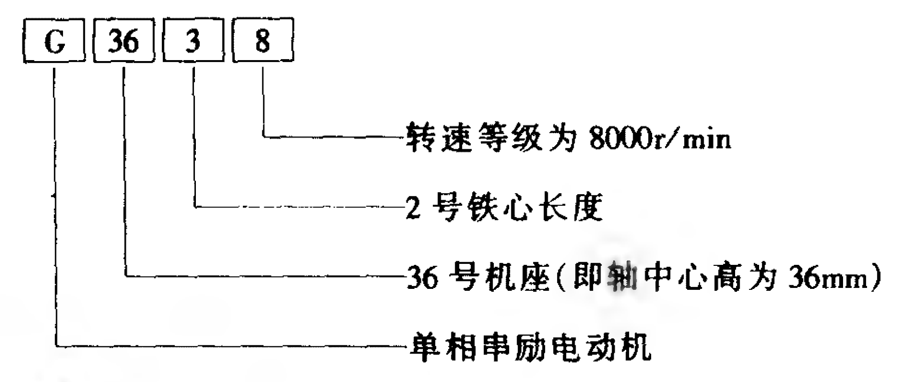
三、单相串励电动机的型号

单相串励电动机也称单相异步换向器电动机。由于它具有转速高、体积小、质量轻、效率高、起动转矩大和过载能力强等优点，因而被广泛应用于小型机床、家用电器、电动工具等许多方面。目前我国系列生产的单相串励电动机主要有 G 系列、HC 系列、HCX 系列等。其型号的含义如下：



例如：G3638，其含义为：

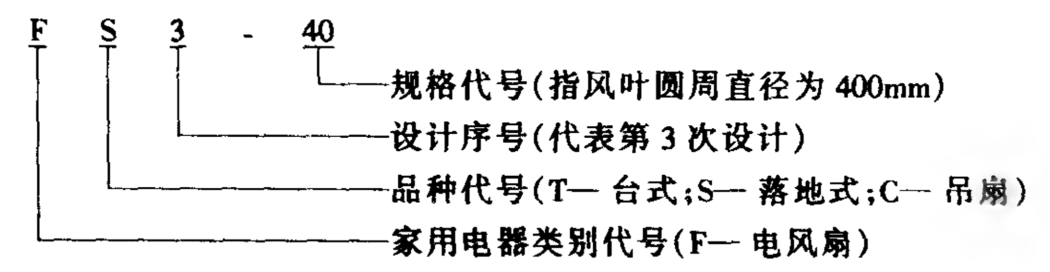




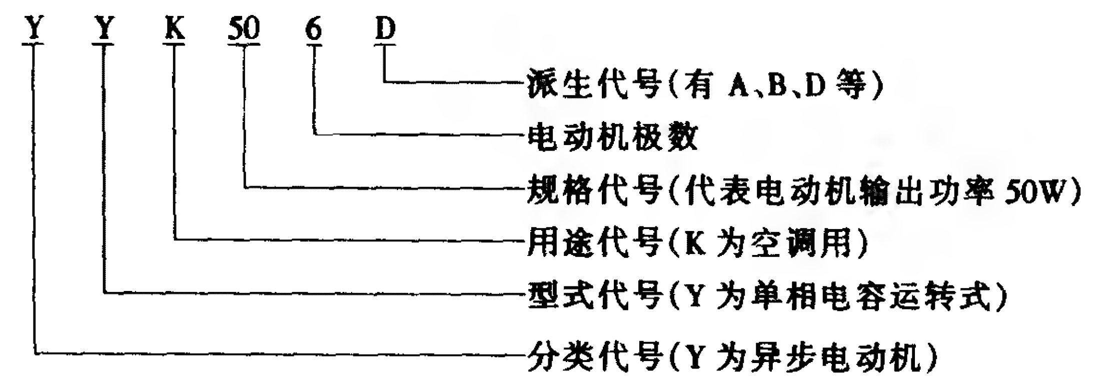
四、家用电器用单相电动机的型号

家用电器用单相电动机种类繁多，型号编制标准也不统一。既有按国际标准编制的，如电风扇、洗衣机用电动机；也有由生产厂家自行编定的，如电冰箱、空调器用电动机等。以下简介几种常用家用电器用单相电动机的型号。

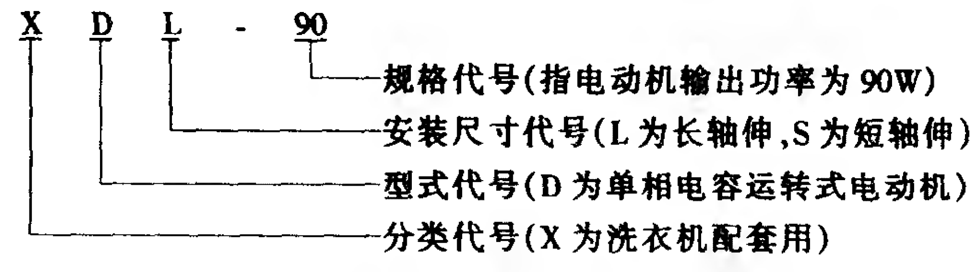
1. 电风扇用单相电动机的型号



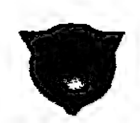
2. 空调器用单相电动机型号

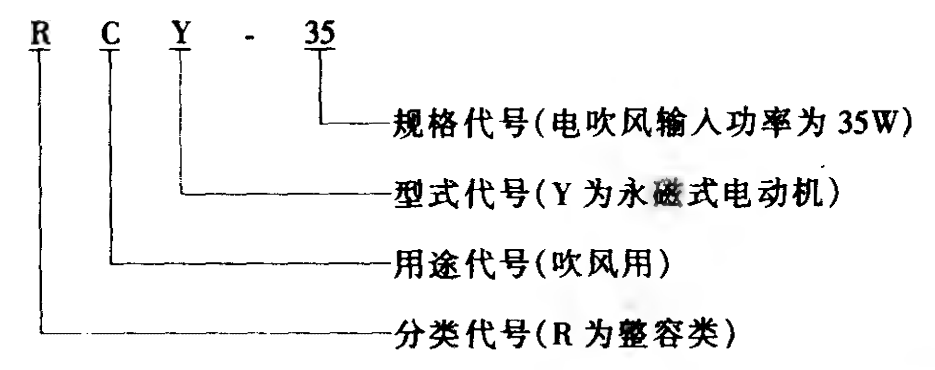


3. 洗衣机用单相电动机型号



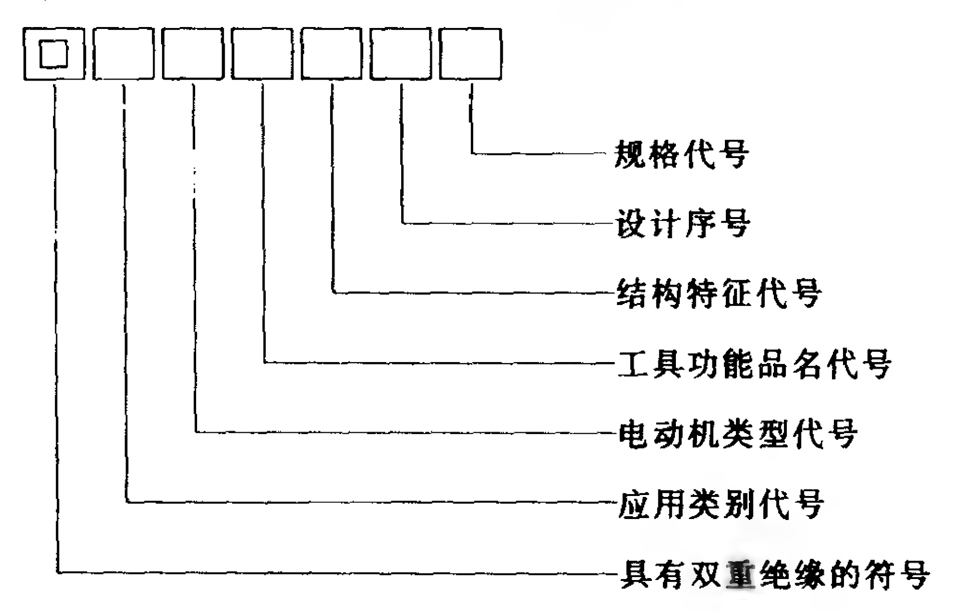
4. 电吹风用单相电动机型号



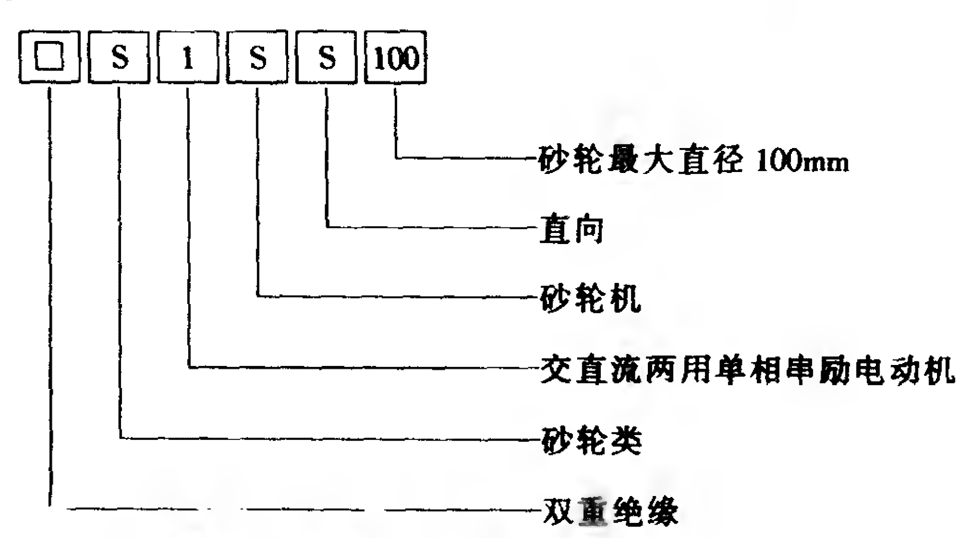


5. 电动工具用单相电动机型号

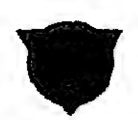
手提式电动工具用单相电动机有多种类型，目前应用最多的为交直流两用单相串励电动机。其型号通常以其工具型号为代用型号，单相电动工具型号的构成如下：



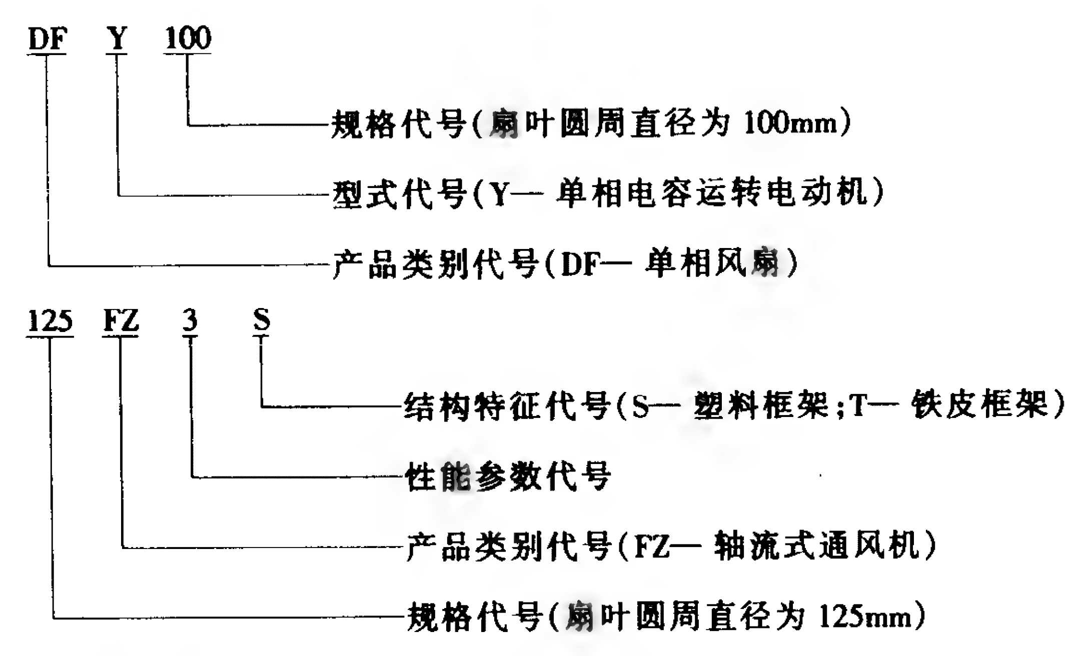
例如：



6. 轴流式通风机配套的单相异步电动机系列型号

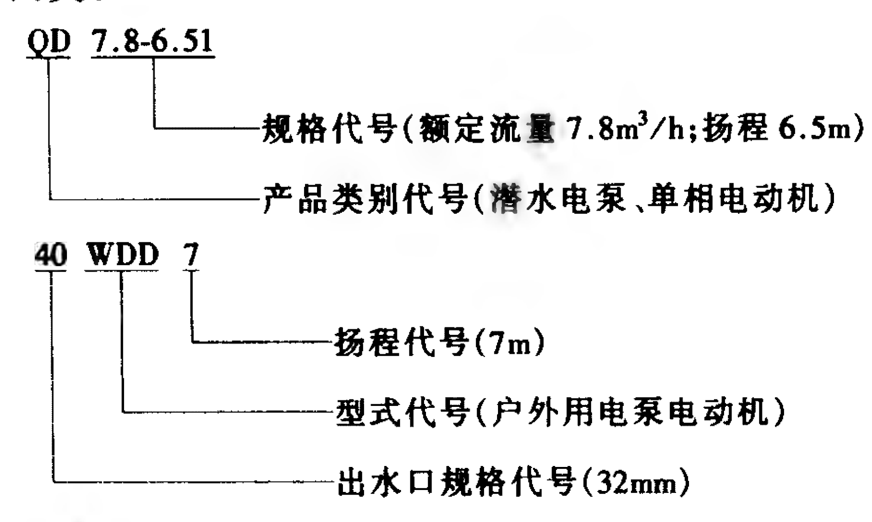


其配用的 FZ 系列多采用电容运转式单相电动机。其代用型号有以下两类：

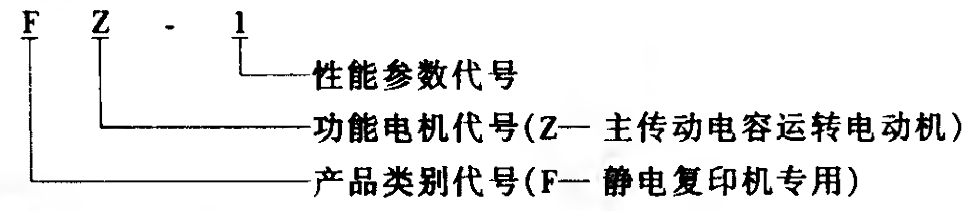


7. 泵用单相电动机系列的型号

微型同轴泵用单相电动机均采用代用型号，常见系列型号有以下两类：



8. 静电复印机配套用单相电动机型号



静电复印机配套用单相电动机的型式及功能代号如表 2-6 所示。

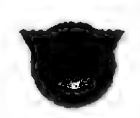


表 2-6　　静电复印机配用单相电动机的型式及功能代号

代号	电动机类型	电动机功能
Z	电容运转式	主传动电动机
G		可逆光学驱动电动机
S		纸张输送电动机
X		吸尘电动机
M		毛刷电动机
C	直流永磁式	搓纸电动机
F	单相罩极式	风扇电动机

五、容量等级

单相异步电动机的功率范围为 8～750W，额定功率与机座号的对应关系如表 2-7、表 2-8、表 2-9 和表 2-10 所示。单相串励电动机额定功率与机座号的对应关系如表 2-11 所示。

表 2-7　JX、JY、JZ 新系列单相异步电动机功率、机座对应表

机座代号	铁心代号	JX 系列		JY 系列		JZ 系列	
		$n_1=3000$ r/min	$n_1=1500$ r/min	$n_1=3000$ r/min	$n_1=1500$ r/min	$n_1=3000$ r/min	$n_1=1500$ r/min
		额定功率（W）		额定功率（W）		额定功率（W）	
45	1	15	8				
	2	25	15				
50	1	40	25				
	2	60	40				
56	1	90	60			60	40
	2	120	90			90	60
63	1					120	90
	2					180	120
71	1			250	180	250	180
	2			370	250	370	250
	3			550	370		370

表 2-8　BO、CO、DO 系列单相异步电动机功率、机座对应表

机座代号	铁心代号	BO 系列		CO 系列		DO 系列	
		$n_1 = 3000$ r/min	$n_1 = 1500$ r/min	$n_1 = 3000$ r/min	$n_1 = 1500$ r/min	$n_1 = 3000$ r/min	$n_1 = 1500$ r/min
		额定功率（W）		额定功率（W）		额定功率（W）	
45	1					15	8
	2					25	15
50	1					40	25
	2					60	40
56	1	60	40			90	60
	2	90	60			120	90
63	1	120	90			180	120
	2	180	120	180	120		180
	3	250	180	250	180		
71	1	370	250	370	250		
	2		370	550	370		
80	1			750	550		
	2				750		

表 2-9　BO2、CO2、DO2 系列单相异步电动机功率、机座对应表

机座代号	铁心代号	BO2 系列		CO2 系列		DO2 系列	
		$n_1 = 3000$ r/min	$n_1 = 1500$ r/min	$n_1 = 3000$ r/min	$n_1 = 1500$ r/min	$n_1 = 3000$ r/min	$n_1 = 1500$ r/min
		额定功率（W）		额定功率（W）		额定功率（W）	
45	1					10	6
	2					16	10
50	1					25	16
	2					40	25
56	1					60	40
	2					90	60
63	1	90	60			120	90
	2	120	90			180	120
71	1	180	120	180	120	250	180
	2	250	180	250	180		250
80	1	370	250	370	250		
	2		370	550	370		
90				750	550		
					750		

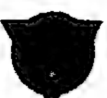


表 2-10　　YC 系列单相电动机与 Y 系列三相电动机功率等级对应表

机座代号		铁心代号	转速 3000r/min		转速 1500r/min		转速 1000r/min	
			YC 系列	Y 系列	YC 系列	Y 系列	YC 系列	Y 系列
			额定功率（W）		额定功率（W）		额定功率（W）	
90		0.75	1.5	0.55	1.1	0.25	0.75	
	L		1.1	2.2	0.75	1.5	0.37	1.1
100	L	1	1.5	3	1.1	2.2	0.55	1.5
		2	2.2	3	1.5	3	0.75	1.5
112	M		3	4	2.2	4	1.1	2.2
132	S	1	3.7	5.5	3	5.5	1.5	3
		2	3.7	7.5	3	5.5	1.5	3
	M	1			3.7	7.5	2.2	4
		2			3.7	7.5	2.2	5.5

表 2-11　　单相串励电动机功率、机座对应表

额定功率（W） 转速（r/min） 机座代号		4000	6000	8000	12000
36	1	8	15	25	40
	2	15	25	40	60
	3	25	40	60	90
45	1	40	60	90	120
	2	60	90	120	180
	3	90	120	180	250
56	1	120	180	250	—
	2	180	250	370	—
	3	250	370	550	—
71	1	370	550	750	—
	2	550	750	—	—
	3	750	—	—	—



第2节 电动机的选择原则

合理选择和正确使用各种类型单相电动机是保证其正常运行的重要环节。所谓合理选择就是按照电动机负载的特定运行条件，选定满足要求的最经济的电动机；而正确使用则是应根据电动机的使用、维护要求及其运行特性进行安装、运行和维护。因此，熟悉和掌握单相电动机的特性，使其与起动不同定额的负载和变速、调速等负载条件相适应，就能更有效地使用好电动机和避免发生故障。

正确选择、使用单相电动机除应掌握电动机的基本性能外，还必须了解电动机的运行条件。即电动机工作的环境条件、电源条件和负载条件。

一、环境条件

环境条件是电动机工作地点的海拔高度、环境温度等必须符合技术条件的规定。单相电动机的防护能力也应与其工作场所的周围环境条件相适应。因此，很自然地要限定电动机的安置场所，必须尽可能地注意选择以下安装位置：

(1) 杂物、粉尘少的地点；

(2) 通风良好、潮湿少的地点；

(3) 温度低比较凉爽的地点；

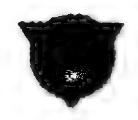
(4) 容易检测、维修的地点。

电动机要能长期安全地运行就应尽可能在上述地点安装使用。原因如下。

1. 粉尘

当粉尘很多时，由于气流的呼吸作用，即使是全封闭电动机粉尘也会粘附到绕组上。从而使其散热和冷却效果变差，并导致绕组绝缘性能及绝缘电阻下降。因此，应避免在粉尘多的地点安置电动机。

2. 潮湿



如电动机使用环境潮气重湿度高，绕组就很容易因受潮而绝缘电阻下降，如不及时处理甚至可能造成通地和短路等严重故障。如情况需要要将电动机安装在这种湿度高的地点时，必须使电动机的基础高出地面，并采用去湿机或换气扇排除潮湿保持干燥。

3. 室温

由于单相电动机的发热会使工作场地的室温升高。当环境温度升高有时会使电动机过热而烧损。因此，当室温升高到40℃左右时，必须要降低电动机的输出功率运行。

4. 维修

电动机安装地点应留有足够的空间，使电动机检测、维修方便。并且当出现故障时，也应有修理或更换电动机的空间。

二、电源条件

单相电动机铭牌上标示的频率、功率、电压、电流等都应与电源基本相符。当电压为额定值时，频率与额定值的偏差不得超过±1%；在频率为额定值时，电源电压与其额定值的偏差不允许超过±5%。当电源电压额定而频率低于额定值时，电动机的最大转矩将会增大，起动转矩也将增大。但功率因数将降低，转速和效率也会下降而温升则将稍有升高。当电源频率为额定值而电压低于额定值时，电动机的最大转矩和起动转矩都将减小，但温升也将会增高。

三、负载条件

为了防止单相电动机发生不必要的故障。故在选定电动机时，对于负载还必须仔细考虑以下事项。

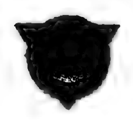
(1) 负载的工作类型（连续工作、短时工作、断续工作和变负载工作等）；

(2) 负载的转速—转矩特性；

(3) 负载所需功率、转速；

(4) 负载所需的最大起动转矩；

(5) 负载转动惯量的大小及制动方式（是否需要快速制动）



等；

(6) 负载所需要的起动方式（全压起动、降压起动，以及是否手动或自动控制等）。

总之，只有严格按照负载的特定运行条件，全面、认真地去选择各项性能符合要求的单相电动机，才能确保其长期、安全、经济、有效地运行。表 2-12、表 2-13 所示为几种常用单相电动机的性能及应用对照表。

四、单相电动机的铭牌数据

单相电动机的机壳上都有一块铭牌，它给使用者提供了该台电动机简略而准确的重要数据。因此，铭牌也是正确使用、维修电动机基本的技术依据。图 2-1 是一台单相电动机的铭牌，现对铭牌上的各项目逐项加以说明。

单相电容运转异步电动机		
型号 DO2-6312	功率 120W	频率 50Hz
电压 220V	电流 0.91A	转速 2800r/min
定额连续	绝缘等级 E	质量 kg
标准编号	出厂编号	出厂日期
×××电机厂		

图 2-1　单相电容运转电动机的铭牌

1. 型号

产品型号是表示产品名称、规格、型式等的代号。我国电机产品型号统一采用大写汉语拼音字母和数字组成。

2. 功率

单相电动机在额定运行条件下，从其转轴输出的功率，但在某些与电动工具一体化设计的单相电动机则是电源输入的功率。

3. 频率

单相交流电流在每秒钟内变化的周数，我国电网频率为 50Hz。

4. 电压

在额定运行状况下，电源加在单相电动机定子绕组（或转子

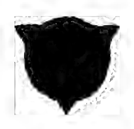
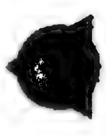


表 2-12　　几种常用单相电动机的性能、应用对比表（1）

	比较项目 \ 电动机	分相电动机	电容起动式电动机	电容运转式电动机
电动机结构	定子绕组的组成	主绕组、辅助绕组	主绕组、辅助绕组	主绕组、辅助绕组
	转　子	鼠笼式	鼠笼式	鼠笼式
	起动装置	起动继电器或离心开关	起动继电器或离心开关	—
	辅助装置	—	起动用电容器	运转用电容器
	等效电路	起动 主 $U\sim$ K	起动 C 主 $U\sim$ K	C 主 $U\sim$
电动机特性	起动电流 I_n/I_H	6～7	4～5	3～5
	转矩特性曲线	M o n	M o n	M o n
	起动转矩（M_n/M_H）	1.2～2	2.5～3.5	0.3～1
	功率因数	0.4～0.75	0.4～0.75	0.7～1



续表

比较项目 \ 电动机	分相电动机	电容起动式电动机	电容运转式电动机
主要优缺点	1. 价格低，应用广泛； 2. 起动电流大，起动转矩较小	1. 造价稍高； 2. 起动电流较大，起动转矩较大	1. 无起动装置，构造较简单，工作可靠； 2. 功率因数较高； 3. 起动转矩小
应用范围	1. 单相鼓风机； 2. 用作起动转矩较小的一般动力，如钻床、研磨机、搅拌机等	1. 起动转矩要求大的场合； 2. 用于水泵、冷冻机、压缩机等	1. 起动转矩小的场合，如电风扇； 2. 起动与停止频繁的场合； 3. 需要正反转的机械

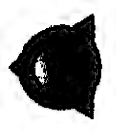
表 2-13　　几种常用单相电动机的性能、应用对比表（2）

比较项目 \ 电动机		电容起动电容运转式电动机	罩极式电动机	单相串励式电动机
电动机结构	定子绕组的组成	主绕组、辅助绕组	主绕组、罩极绕组	励磁绕组
	转　子	鼠　笼　式	鼠　笼　式	鼠　笼　式
	起动装置	起动继电器或离心开关	—	—
	辅助装置	起动和运转用电容器	—	—
	等效电路	副　C_1　C_2　K　主　$U\sim$	罩　主　$U\sim$	$U\sim$　D



续表

比较项目 \ 电动机		电容起动电容运转式电动机	罩极式电动机	单相串励式电动机
电动机特性	起动电流 I_n/I_H	4~5	2~4	6以上
	转矩特性曲线			
	起动转矩（M_n/M_H）	2.5~3.5	0.3~0.8	3~6
	功率因数	0.8~1	0.4~0.75	0.7~0.8
主要优缺点		1. 附件多，结构复杂，价格较高； 2. 起动电流较大； 3. 功率因数高	1. 结构最简单，价格低，工作可靠； 2. 起动转矩最小； 3. 效率低	1. 起动转矩很大，起动电流大； 2. 转速高，体积小； 3. 转子结构复杂； 4. 价格贵
应用范围		1. 要求起动转矩大的机械； 2. 要求功率因数高的场合	1. 功率小，要求起动转矩小的场合； 2. 多用于电风扇、电唱机、仪器仪表等	1. 要求起动转矩大，或转速高的机械； 2. 多用于吸尘器、手提电动工具等



绕组）上的端电压。

5. 电流

单相电动机在额定电压下输出额定功率时，定子绕组（或转子绕组）的线电流。

6. 转速

单相电动机在额定技术条件下运行的转速。单相异步电动机一般略低于同步转速运转；单相同步电动机运行于同步转速；而单相串励电动机则以远高于同步转速的速度运行。

7. 定额

指单相电动机的工作方式。一般定额分为“连续”、“短时”、“断续”三种。“连续”是表示该电动机可以在符合各项额定值下连续运行；“短时”表示电动机只能在限定的时间内作短时运转；“断续”表示电动机只能短时运行，但可进行多次的重复断续使用。“短时”和“断续”运行的电动机，其运行时间都有明确规定。如短时运行的时间限制有10min、30min、60min和90min几种，电动机工作到规定时间后就应停转，待电动机完全冷却后才能重新起动再次工作。

8. 绝缘等级

绝缘等级是电动机所用绝缘材料的耐热等级，电动机的工作温度主要受绝缘材料耐热性能的限制。绝缘材料根据其耐热性能可分为7级，如表2-14所示。

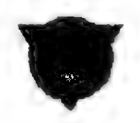
表2-14　　绝缘材料耐热等级

耐热等级	O	A	E	B	F	H	C
允许长期使用的最高温度（℃）	90	105	120	130	155	180	>180

9. 标准号

所有产品均应符合国家的产品标准，并根据此标准对电动机产品进行生产、检查、验收和使用。标准号即指该产品技术标准。

10. 出厂编号与出厂日期



出厂编号与出厂日期是对该台电动机生产批次和日期的记载。从中可以判断该电动机的新旧程度和使用年限。也便于厂方查找产品历史技术资料，便于分析、判断、处理产品质量问题等。

此外，有些电动机铭牌上还标示有效率和绕组接法等技术参数。

第3节　电动机的安装与起动

单相电动机的安装施工，主要与安装位置的地面、支柱、墙壁及负载机械等因素有关。如安装不当和基础较差，可能产生振动、噪声，以及轴承和电刷磨损过快，甚至转轴断裂等故障。因此，正确安装与起动单相电动机也是极其重要的。

一、电动机的安装

1. 在支柱和墙壁上安装时

为了安装后能稳定的运行，应仔细地检查支柱和墙壁的结构和强度，然后用角钢和槽钢等型材，以螺栓紧密而牢固地安装单相电动机。

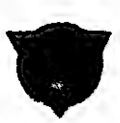
此外，由于其安装位置是支柱和墙壁，因此必须充分考虑维修、检查的方便。

2. 直接安装在负载机械上时

当直接安装在负载机械上时，首先必须查明负载机械的结构和强度，同时在确认潮气、温度、粉尘、振动等对电动机是否有不良影响之后，再牢固地将其安装。当潮气、温度、粉尘、振动等对电动机有影响时，必须设法对负载机械的机架采取措施从而消除其影响。

3. 在地面安装时

当电动机在地面安装时，如基础很弱，在运行时会引起振动并发出噪声。所以，希望采用坚固的混凝土基础。但在安装2kW以下的小功率电动机时，使用坚固的木座也是可行的。但必须使



电动机的基础面略高于地面，以有效地防止电动机从地面吸入水分和粉尘等。

4. 安装方法

将单相电动机的功率传递给负载机械的方法没有特定的标准和要求，但可根据负载机械的类型和安装环境进行选择。在这类方法中有联轴器、皮带和齿轮等传递方法，应用较多的为前两种方法。

(1) 联轴器连接方式。

联轴器连接方式的优点是功率损失少，并且电动机的功率能有效地传递给负载。但是，如想改变电动机和负载机械转速时，必须使用涡流离合器或减速器等。在采用该种连接方式时，还必须使电动机和负载机械的轴中心线正确地保持一致。联轴器连接方式的实例如图 2-2 所示。

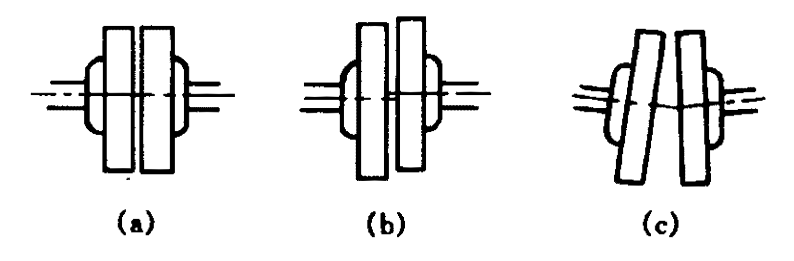


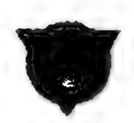
图 2-2 联轴器连接方式实例

(a) 良好；(b) 不好；(c) 不好

(2) 皮带连接方式。

采用皮带连接方式时，必须在安装前预先确定皮带的形状(是平皮带、V 形皮带、还是圆形皮带)、皮带轮的直径和宽度、旋转方向、电动机的位置等。皮带类型有多种多样且各有其优缺点，选用时不能只考虑其优点而应尽可能在合适的范围内予以选择。

皮带的连接方法如图 2-3 所示。安装时应使电动机和负载机械的轴相互平行，皮带轮的中心也需一致。如两轴互不平行或皮带轮的中心不一致时，将会引起皮带脱落或转轴和轴承的过快磨损。



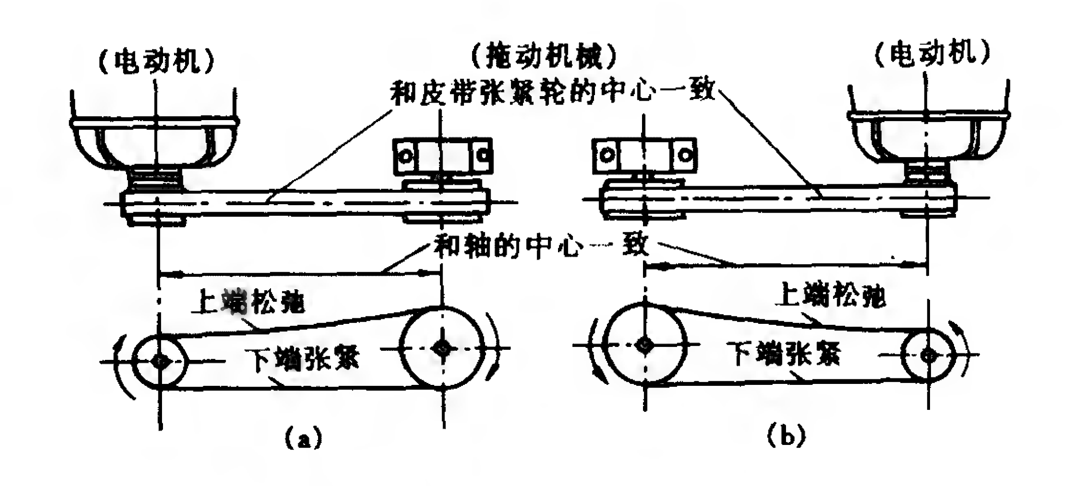


图 2-3　皮带的连接方法

(a) 向右转时；(b) 向左转时

(3) 齿轮连接方式。

齿轮连接方式多用于电动机与负载机械为一体化设计，如电锤、电钻等手提电动工具就是采用这种齿轮传递结构。

二、电动机的起动

从上述已知，单相异步电动机和单相同步电动机本身均不具有起动转矩，因而不能自行起动，它必须依靠外力或特殊结构才能完成其起动全过程。但是，单相电动机一旦起动，即可沿起动方向不断地运转。

根据起动方式的不同，单相电动机可以分为许多不同的型式，常见的有：

(1) 电阻分相电动机。

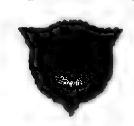
(2) 电容分相电动机又分为①电容起动式；②电容运转式；③电容起动与运转式三种。

(3) 罩极式电动机又分为①凸极式；②隐极式两种。

以下将分述单相电动机的结构、特性及其起动方法等。

1. 电阻分相式电动机的起动

单相电阻分相起动电动机又称为分相式电动机。它制造简单，主要由定子、转子和离心开关三部分组成。转子绕组采用铝铸笼型结构，定子为齿槽式。其定子铁心内布置有两套绕组，如图 2-4 所示。运行用主绕组，使用的是较粗的导线绕制，起动用



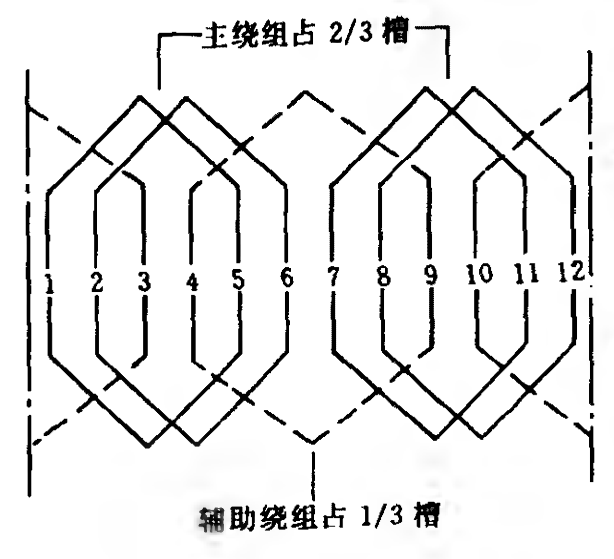


图 2-4　单相分相式电动机绕组布置图

的辅助绕组，用较细的导线绕成。一般主绕组占定子总槽数的 2/3，辅助绕组则占定子总槽数的 1/3。主绕组长期工作在电源电压下，而辅助绕组只在起动过程中接入电路，待电动机起动后转速达到额定转速的 70%～80%时，离心开关就将辅助绕组从电源电路切除，这时电动机即进入正常运行状态。

单相电阻分相式电动机定子铁心上嵌置的两套绕组，即主绕组和辅助绕组。这两套绕组在定子铁心空间位置上相差 90°电角度，在起动时为了起动用辅助绕组内电流与运行用主绕组内电流，在时间上产生尽可能大的相位差（90°电角度）。通常都用增大辅助绕组本身的电阻（如采用细导线），或在辅助绕组回路中串联电阻的方法来达到。如图 2-5 所示即为单相电动机串电阻分相起动的绕组接线图。

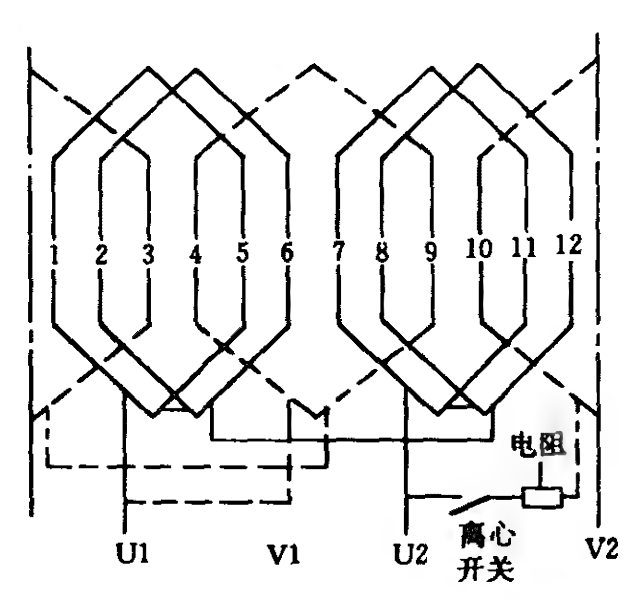
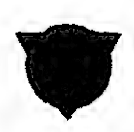


图 2-5　单相电阻分相电动机绕组接线图



由于主、辅两套绕组中的电阻与电抗分量的不同，电阻大、电抗小的辅助绕组内的电流，将会比主绕组中的电流先期达到最大值。因而在主、辅两套绕组之间产生了一定的相位差，形成了一个两相电流。从而与单相电动机定子绕组共同建立起一个旋转磁场，使转子因电磁感应作用而旋转。

因单相电阻分相起动电动机的起动，是依赖于定子铁心空间相差90°电角度的主、辅助绕组来完成的。所以还要使主、辅助绕组内通过电流的相位差足够大，就要辅助绕组选用比主绕组细的导线来增加电阻。这就必然会引起辅助绕组导线的电流密度比主绕组大。因此，辅助绕组只能短时工作。起动过程结束后必须立即与电源电路切断，如果超过一定时间仍未切断，辅助绕组就有可能因发热而烧毁。

单相电阻分相起动电动机的起动，可以用离心开关或各种类型的起动继电器完成。

单相电阻分相起动电动机具有构造简单、价格低廉、故障率低和使用方便的特点，其主要特性有：

（1）起动转矩。

电阻分相起动电动机的起动转矩一般为满载转矩的两倍，因此它的应用范围非常广。如电冰箱、空调器等的配套电动机，均大量采用该种单相电动机。

（2）额定转速。

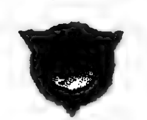
电阻分相起动电动机的转速很稳定，它的转速高低随电动机极数和电源频率而变化。同时，电动机负载的大小也能使其转速受到微弱影响。并且其加速过程很快，不到一秒钟即可达到额定转速。

（3）效率。

电阻分相起动电动机的效率因设计性能、容量大小和转速高低而定。通常约为50%~60%。

（4）功率因数。

电阻分相起动电动机的功率因数，随电动机的设计性能、容



量大小、转速高低而异，一般在满载时约为0.5～0.6。因此，电动机在接近满载时运行最经济。

（5）起动电流。

起动电流大是电阻分相起动电动机的一大缺点，其起动电流一般约为满载电流的6～7倍，对电源网络有一定的冲击。

（6）过载容量。

电阻分相起动电动机过载时其温升都很高，将对电动机的运行带来不利影响。因此，一般过载容量不得超过满载功率的25%，时间不超过5min。

单相电阻分相起动电动机具有中等起动转矩和过载能力，它适用于低惯量负载及不经常起动、负载可变而转速要求基本不变的场合，如小型车床、鼓风机、电冰箱压缩机、医疗器械等机械负载。

2. 电容分相电动机的起动

单相电容电动机分为三种型式，即：①电容起动式；②电容运转式；③电容起动与运转式。单相电容分相电动机和相同功率的电阻分相电动机相比较，在外形尺寸、定、转子铁心、绕组、机械结构等方面都基本相同。只是在绕组的设计参数上有所调整，以及增加了1～2只电容器。

在电阻分相式电动机中其主绕组电阻较小而电流较大，辅助绕组则电阻较大而电流较小。因而辅助绕组中的电流大致与线路电压是同相位的。但在实际上，每套绕组的电阻和不可能完全减少为零。因此，两套绕组中电流的90°相位差是不可能真正获得的。不过，从实用出发，则只要相位差足够大的，就能产生近似的两相旋转磁场，从而使转子转动起来。

如在单相电动机的辅助绕组中串联一只起动电容器，这时辅助绕组内的电流相位就会比电源线路的电压相位超前。如将绕组和电容器的电容量设计得适当，则两套绕组就可达到真正意义上90°相位差的最佳状况，这样也就大幅改进了单相电动机的起动性能。图2-6所示为单相电容起动电动机的绕组接线图。

但在实际上，起动时定子绕组内的电流大小还随转子的转速而改变。因此，如要使它们在这段时间内仍保有90°电角度的相位差，则电容器容量的大小就必须随转速和负载而改变。显然，这种办法实际上是做不到的。基于这个原因，根据单相电动机所拖动的负载特性而将电动机作特殊设计，这样就有了以上提到的几种型式的单相电容分相电动机。

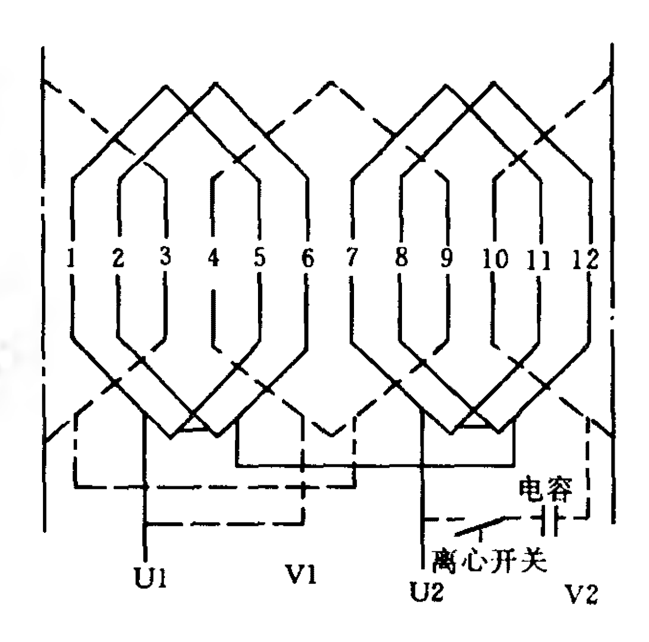


图 2-6 单相电容起动电动机绕组接线图

（1）单相电容分相电动机的型式。

1）电容起动式电动机。如图 2-7 所示，电容器经过离心开关后接入起动用辅助绕组。主绕组的出线端 U1、U2 与辅助绕组的出线端 V1、V2 经并联后接通电源，电动机即进入运转。当转速达到额定转速的 70%～80%时，离心开关动作，切断辅助绕组的电源，主绕组仍继续工作在电源电路上。

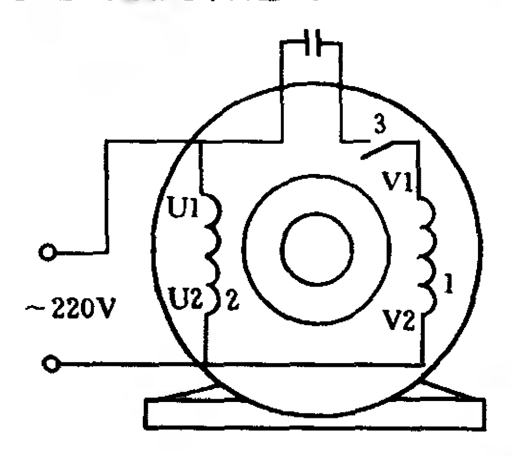


图 2-7 单相电容起动式电动机接线图

1—辅助绕组；2—主绕组；3—离心开关

在单相电容起动电动机中，其电容器一般都装在机壳顶部。由于电容器只在极短的几秒钟起动时间内工作，所以可采用电容量较大、价格便宜的电解电容器作起动电容器。为加大起动转矩，其电容量则可适当选大些。

2）电容运转式电动机。如图 2-8 所示，电容器与起动用辅助绕组中没有串接起动装置。因此，电容器与辅助绕组将和主绕组一

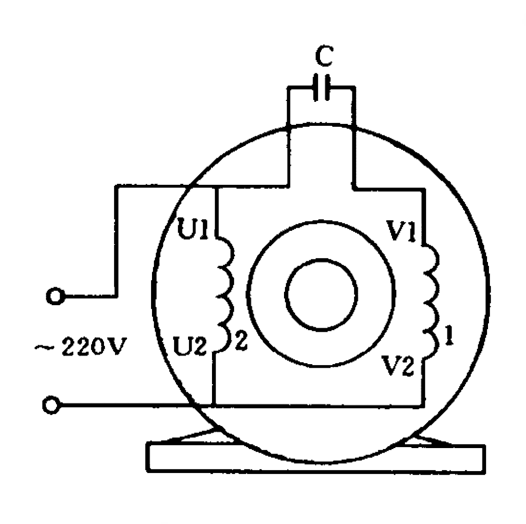


图 2-8　单相电容运转式电动机接线图
1—辅助绕组；2—主绕组

起长期运行在电源线路上。在这类电动机中，要求电容器能长期耐较高的工作电压，所以必须使用价格较贵的纸介质或油浸纸介质电容器，而不能采用电解电容器。

单相运转式电动机省去了起动装置，从而简化了单相电动机的整体结构，降低了电动机的综合成本及提高了运行可靠性。同时由于辅助绕组也参与长期运转，实际上增加了电动机的输出功率。

3）电容起动与运转电动机。如图 2-9 所示，这种电动机兼有电容起动和电容运转两种电动机的特点。从图中可以看到，起动用辅助绕组经过运行电容器 C1 与电源接通，并经过离心开关与容量较大的起动电容器 C2 并联。接通电源时，电容器 C1 和 C2 均串接在起动用辅助绕组回路中。这时电动机开始起动，当转速达到额定转速的 70% ~ 80% 时，离心开关 S 动作并将起动电容器 C2 从电源线路切除，而运行电容器 C1 仍留在电源线路上工作。显然，这种单相电动机需要使用两只电容器，并且还要装设起动装置，因而结构复杂同时也增加了成本，这是它最大的缺点。但其优良的起动与运行性能却也是其他型式单相电动机难已达到的。

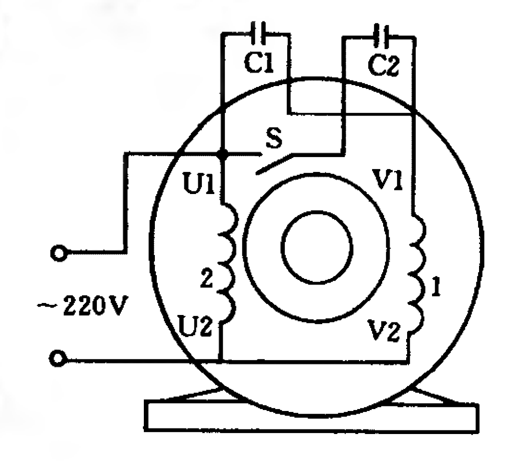
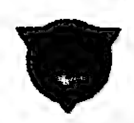


图 2-9　单相电容起动与运转电动机接线图
1—辅助绕组；2—主绕组

在电容起动与运转式单相电动机中，也可以不采用两只电容量不相同的电容器，而改用一只自耦变压器和一只电容器。如图



2-10 所示，起动时跨接于电容器两端的电压增高，使电容器的有效电容量比运转时大 4～5 倍，正好符合起动时电动机对大电容量的需要。这种电动机所用的离心开关是一种特殊双掷式的，它在电动机起动过程结束后离心开关则接至 S 点。从而降低了接入电容器的电压也就减小了等效电容量，从而适应单相电动机正常运行的需要。

（2）单相电容分相电动机的特性及用途。

1）单相电容起动式电动机的特性及用途。该种电动机具有较高的起动转矩，一般能达到满载转矩的 3～5 倍，所以可适用于需要满载起动的场合。由于它的辅助绕组和电容器只在起动时接入电源电路，所以它的运行特性与同等功率并有相同设计的电阻分相起动电动机基本相同。例如转速将因负载不同而变化，以及功率因数、效率和过载容量的变化等。

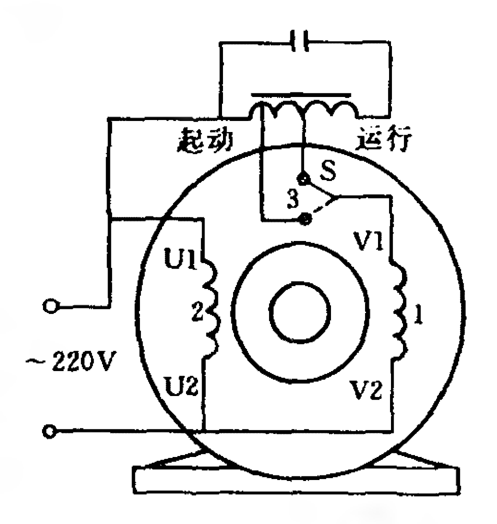
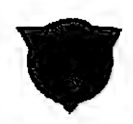


图 2-10　电容器和自耦变压器组合起动线路
1—辅助绕组；2—主绕组；
3—离心开关（双掷式）

单相电容起动式电动机多用于电冰箱、抽水泵、小型空压机，以及其它许多需要满载起动的电器和机械。

2）单相电容运转式电动机的特性及用途。这种电动机的起动转矩较低，但功率因数和效率比较高。它体积小、重量轻、运行平稳、振动与噪声小、可反转和调速。因而它适用于直接与负载连接成一个整体的机械、电器、如电风扇、通风机、录音机及各种空载或轻载起动的机械。但不适于空载或轻载运行的负载机械。

3）单相电容起动与运转式电动机的特性及用途。该种电动机具有较好的电气性能，以及较高的功率因数、效率和过载能力，并且可以调速。它适用于要求带负载起动和低噪声的场合，如小型机床、水泵和家用电器等。



（3）单相电容式电动机的起动电容及运转电容的配置。电容器的电容量可参考表 2-15 所示的数据进行选配。

表 2-15　单相电容式电动机起动电容及运转电容选配表

功率（W）	15		25		40		60		90		120		180		250	370	550	750
极数	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4				
运转电容（μF）	1	1	1	2	2	2	2	4	4	4	4	4	6	6				
起动电容（μF）											75	75	75	75	100	100	150	200

3. 单相罩极式电动机的结构及其起动

（1）单相罩极式电动机的结构。

单相罩极式电动机的结构最简单，它主要分为定子和转子两大部分，由硅钢片冲制叠压而成。罩极式电动机的转子都采用笼型结构，在硅钢片叠成的转子铁心槽中用铝铸有短路绕组。定子铁心亦用硅钢片冲压而成，主要制成凸极式和隐极式（即齿槽式）两种形式。

1）凸极式定子。容量较小的罩极式电动机定子多采用这种型式，如图 2-11 所示。在凸出的磁极上装有集中式磁极绕组。每个磁极的极掌上面开有小槽，在小槽内嵌放有一个短路铜环，它罩住磁极的 1/2～1/3，这个短路铜环称为罩极线圈。在磁极间还装有一种导磁的薄钢片，它称为漏磁片，是用来减少气隙中磁场分布曲线畸变的。

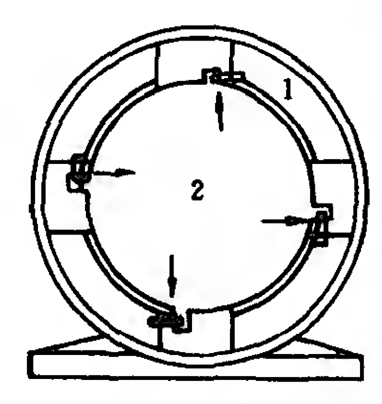
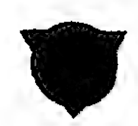


图 2-11　单相罩极式电动机定子结构图
1—漏磁片；2—罩极线圈

2）隐极式（齿槽式）定子。功率较大的罩极式电动机常采用这种隐极式齿槽的定子铁心在这种定子铁心中嵌放着分布式绕组。部分定子铁心槽内除嵌有主绕组外，还同时布放有几匝用粗铜线绕成并自行短接的罩极线圈。一些老式风扇和鼓风机就采用这种绕组结



构。如图 2-12 所示，为 4 极 24 槽采用隐极式的罩极分布绕组布置图。其他型式的罩极电动机一般功率都很小，如圆盘型、框型定子的罩极电动机，它们多用于不需要多大输出功率的电能表、电唱机中。

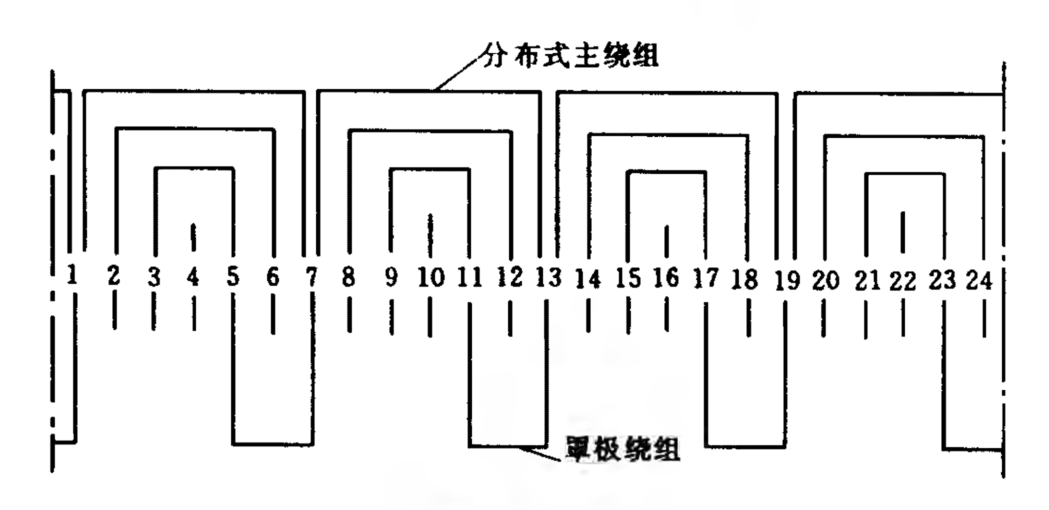


图 2-12　单相罩极式电动机分布绕组图

(2) 单相罩极式电动机的工作原理。

如图 2-13 所示，定子上有凸出的磁极，主绕组就安置在这个磁极上。在磁极表面的 1/3 处开有一个凹槽，将磁极分成大小两部分，并在磁极小的部分套着一个短路铜环，磁极的一部分被罩起来（即罩极线圈），它相当于一个辅助绕组。当定子绕组中接入单相电源后，则磁极中将会产生交变磁通，该磁通穿过短路铜环，在铜环内产生一个相位滞后的感应电流。由于这个感应电流的作用，使磁极被罩部分的磁通，不但在数量上与未罩部分不同，而且在相位上也滞后未罩部分的磁通。这两个在空间位置不一致，且在时间上又有一定相位差的交变磁通，就在电机气隙中构成一个近似的旋转磁场呈脉动变化。这个旋转磁场切割

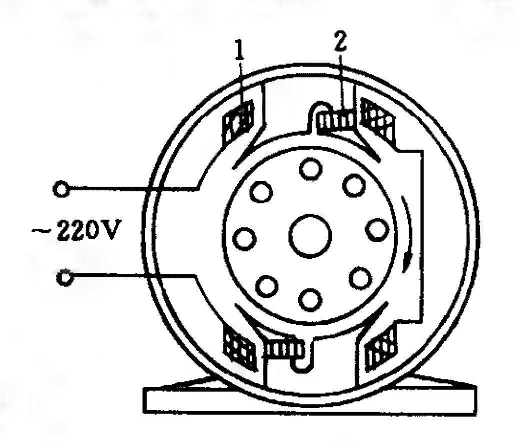
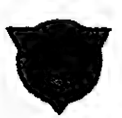


图 2-13　单相罩极式电动机工作原理图

1—磁场线圈；2—短路铜环



转子后，使转子绕组中产生感应电流，载有电流的转子绕组与定子旋转磁场相互作用的结果，使转子得到起动转矩，从而使转子由磁极未罩部分向被罩部分的方向旋转。

罩极电动机具有结构简单、制造方便、造价低廉、使用可靠、故障率低的特点。其主要缺点是效率低、起动转矩小、反转比较困难等。

(3) 单相罩极电动机的主要特性。

1) 起动转矩。单相罩极电动机的起动转矩很小，通常只有满载转矩的 30%～50%。因此，这种电动机应用于不需要满载起动的场合，且只能拖动轻负载起动的机电器械。

2) 效率。单相罩极电动机的效率很低，与其他型式的单相电动机比较，大约要低 8%～15%。但由于罩极电动机的输出功率比较小，因而效率虽低但对运行却不会构成多大经济损失。

3) 功率因数。由于效率低，功率因数也就比较低，但同样因电动机功率较小，所以提高功率因数对电动机经济运行也起不了多大作用。

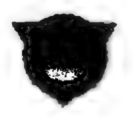
4) 额定电流。单相罩极电动机在空载、满载和堵住时，电流的变化都很小。因此，就是将电动机转子堵住不转，罩极电动机也不会发生任何故障。

5) 额定转速。单相罩极电动机的转速是根据所接电源的频率及电动机定子的极数，其实际转速略低于电机的同步转速。

罩极电动机多用于轻载起动的负荷。其中，凸极式集中绕组罩极电动机常用于电风扇、音响设备；隐极式分布绕组罩极电动机多用于小型鼓风机及油泵中。

第4节　异步电动机的运行与维护

除合理选配单相电动机外根据电动机的使用维护要求和其运行特性进行安装、试运行、运行和维护，并借助于与之配套的控制和保护电器对电动机进行监视、保护和控制，也是单相电动机



正常运行的重要环节。

一、电动机的试运行

异步电动机经安装完毕后，最好进行一段试运行过程，这样就能直观地看出电动机的选配是否得当、机械负载及电动机是否存在故障等。为此，异步电动机在试运行前应对其作必要的检查。

1. 新安装或长期停用电动机的检查

对新安装或长期停用的异步电动机，在试运行前应检查电动机定、转子绕组各相之间和绕组对地绝缘电阻。其绝缘电阻应大于下式所求得的数值：

$$R = \frac{U}{1000 + \frac{P}{100}} (\mathrm{M\Omega})$$

式中 R——电动机绕组的绝缘电阻（MΩ）；

U——电动机的额定电压（V）；

P——电动机的额定功率（kW）。

2. 检查电动机起动控制电器的接地

应检查电动机的起动和控制电器接地是否良好和完整；接线是否正确及接触是否良好；电动机铭牌所标的电压、频率等应与电源电压、频率等相符。

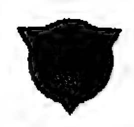
3. 检查轴承是否有润滑脂

应检查轴承是否有润滑脂，并用手转动电动机转轴看其转动是否轻快且应无卡阻现象。

经全面检查后如无异常即可将电动机通电进入试运行。在单相电动机试运行时，应密切注意其电流、转速、温升等性能参数是否符合电动机铭牌数据的要求，以及电动机运转的声音是否均匀等。若发现电动机不转或起动时间长、转速很慢和声音异常等现象，必须立即断电检查并找出故障予以修复，才能继续进行试运行。

二、电动机的运行与维护

异步电动机在合闸通电投入正常运行后，对其运行状况应经



常检视和维护：

1. 检视电源电压及频率的变化

应检视电源电压、频率的变化及电压的不平衡程度。因为，电源电压和频率的过高过低、三相电压不平衡造成的电流不平衡等，均可能引起电动机的过热或其他不正常现象。

2. 检视电动机的负载电流

检视电动机的负载电流，因电动机发生故障时，会使定子电流剧增，电动机过热。所以应经常检测电动机的负载电流，其负载电流不应超过铭牌上规定的额定电流值。

3. 检视电动机的各部分温升

应检视电动机各部分的温升。电动机在正常运行时，其各部分温升不应超过容许的限度，所以应经常检视电动机各部分的温升情况。

4. 注意电动机的气味、振动和噪声

应该密切注意电动机的气味、振动和噪声。电动机绕组因温度过高就会发出绝缘焦糊的气味。有些故障，特别是机械故障很快会反映为振动和噪声，因此在闻到焦糊味或发现不正常的振动或碰擦声、特大的嗡嗡声或其他杂声时即应立即停电进行检查。

5. 检查轴承的发热及漏油

应经常检查轴承发热及漏油情况，并定期更换润滑油。一般在更换润滑油时应将电动机的轴承和轴承盖用汽油洗干净，然后添装润滑油脂。滚动轴承添装的润滑脂不宜超过其轴承室的70%，因润滑脂装得过满，将引起轴承发热和润滑脂溢漏。

6. 保持电动机内部的清洁

应注意保持电动机内部的清洁，不允许有水滴、油污及杂物等落入电动机的内部。电动机的进风口和出风口均必须保持畅通无阻。

第5节 串励电动机的运行与维护

单相串励电动机以其转矩大、过载能力强、体积小、功率大和调速方便等许多优点，在家用电器、电动工具等方面得到了广泛的应用。现对单相串励电动机的主要特性、运行与维护简述如下。

一、串励电动机的主要特性

1. 转速高、功率大

单相串励电动机的转速都比较高，通常均在4000r/min～40000r/min。因其转速高且效率高，所以它与功率相同的其他型式单相电动机比较，具有较小的体积和较轻的重量。

2. 转速调节方便

单相串励电动机的转速可由下式计算：

$$n = \frac{60Ea}{p\Phi N}(\text{r/min})$$

式中 n——电动机转速，r/min；

E——电枢绕组的感应电动势，V；

a——电枢绕组的并联支路数；

p——磁极对数；

Φ——磁极的平均磁通量，Wb；

N——电枢绕组的总匝数。

从上式可以看出，减小 N 或减小 p、Φ 可使电动机转速增高，一般多采用减小 N 的方法。如电枢绕组的总匝数减小，使转速提高，从而也使电动机体积减小和重量减轻。此外，如改变电源电压则也可以调节电动机的转速。

3. 转矩特性

单相串励电动机的电磁转矩 M 可由下式计算：

$$M = C_m \Phi I_a$$

式中 Φ——磁极的平均磁通量，Wb；



I_a——电枢电流，A；

C_m——电动机的结构常数。

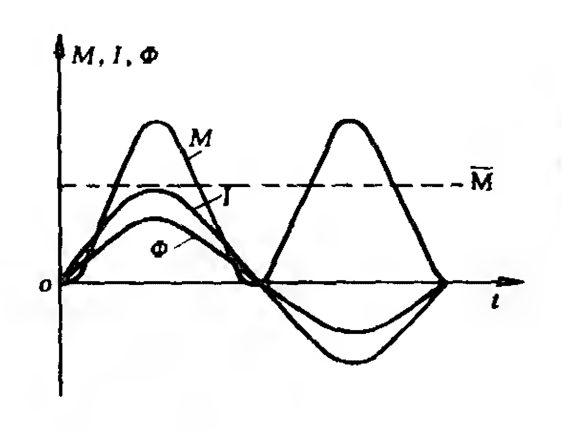


图 2-14　单相串励电动机转矩曲线

转矩特性曲线如图 2-14 所示，从图中可以看出，不论电源极性如何变化，单相串励电动机的电磁转矩却总是为正值。也即电磁转矩方向总是恒定的，只不过它是以 2 倍电源频率而变化。平时所说单相串励电动机的电磁转矩 M 是转矩的平均值 $\overline{M}$，它等于电动机最大转矩 M_{max} 的 1/2。单相串励电动机用于交流电源所产生的转矩平均值与用于直流电源所产生的转矩相等。

当 I_a 比较小时，磁路还未饱和则 Φ 与 I_a 成正比例变化，即 $\Phi = CI_a$。此时

$$M = C_m CI_a^2$$

M 随 I_a 的增大而迅速地增加，也就表明单相串励电动机的起动转矩比较大。但当负载电流增大到一定程度时，磁路将逐渐饱和，转矩 M 与电流 I_a 不再是平方关系而接近正比关系。

4. 机械特性

单相串励电动机的机械特性无论是采用直流电源或交流电源时，它都与直流串励电动机的机械特性相类似。其机械特性曲线如图 2-15 所示。随着转矩的增加其转速将急剧下降，而转矩减小，转速又将迅速上升。单相串励电动机的这种特性称为软特性或串励特性。由于这种特性，单相串励电动机不适合于要求转速稳定的器具中。但在电钻等电动工具和吸尘器等家

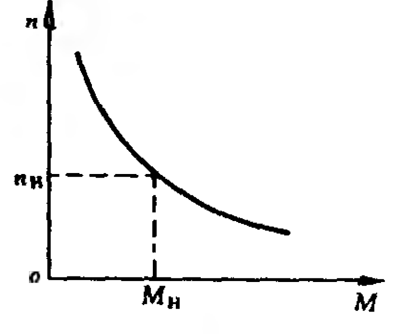
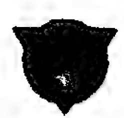


图 2-15　单相串励电动机机械特性曲线



用电器内，这种软特性却可以起到自动调整转速的作用。因而，当负载重的时候电动机转速降低，而负载轻的时候则电动机的转速升高。

由于单相串励电动机的空载转速非常高，因此电钻等使用单相串励电动机的电动工具，一般不许拆下减速机构等进行试运转，以防止电动机转子飞车而损坏电枢绕组。

5. 起动电流和工作电流

单相串励电动机具有较好的起动性能，其起动转矩与起动电流的平方成正比。电动机起动时电流很大，而当它运行到额定转速时其电流则较小。这是因为电动机在起动时的感应电动势等于零而使电流很大。同时主磁场也随电流的增大而增强，也使转矩很大。随着转速的增加则电枢绕组切割磁力线的速率增加，从而使转矩很大，感应电动势也随之增大并使电流减小。所以，单相串励电动机在额定转速时的电流总是比起动时要小得多。

6. 不准在空载情况下运转

单相串励电动机不允许在空载情况下运行。因为，空载时其负载转矩很小，串励电动机的转速将急剧上升，直到升至电动机机械强度所不能允许的程度，而造成损坏。通常，当单相串励电动机转速在2500r/min以下时，其负载不应小于额定负载的25%～30%。

二、串励电动机的运行与维护

1. 运行中应检视的项目

单相串励电动机在运行中，应密切注意、仔细观察电动机、起动控制电器、传动装置、负载机械和电源的工作情况，以便及早发现隐患，减少或避免故障的发生。

(1) 检视电源电压。

应经常检视电源电压，过高或过低的电源电压，都将使单相串励电动机运行性能恶化，时间过长还会带来许多不良后果。如发现电源电压不正常，则应立即停止运行，待查明原因和排除故障后再予使用。



(2) 检视电动机的电流。

应经常用电流表检测电动机的运行电流，如所测电流值与电动机额定电流值相差过大或过小时，则应立即停车查明原因，在排除故障后才能重新通电运行。

(3) 检视电动机的温升。

单相串励电动机正常运行时，会发热而使其温度升高，但在运行一段时间后，温升将稳定且不应超过允许值的限度。如果电动机的负载过重、使用环境温度过高、通风不畅或运行中发生故障等，就会使其温升超出允许的限度，从而有可能导致绕组严重过热而烧损。因此，单相串励电动机温升的高低是反应其运行状况的主要标志。检视和判断电动机是否过热的准确而可靠方法为温度计测试法。测量时用锡箔包住温度计下端，并伸入定子靠紧铁心，此时测得的即为电动机定子铁心温度。由于定子铁心温度与定子绕组温度有密切的关系，因此可通过检视铁心温度的变化情况防止绕组过热。通常以所测得的铁心温度减去5℃作为定子绕组的温度数值。

(4) 注意换向器与电刷的火花。

单相串励电动机在运行时，其电刷与换向器之间难免要出现火花。如发生的火花大于规定限度，特别是发生放电性的红色电弧火花时，将会对电枢绕组和换向器产生极严重的破坏作用，电动机如出现这种情况必须及时予以纠正。通常，换向器火花等级可分为以下几级：

1级——无火花

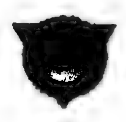
1¼级——约1/4的电刷下面发生微弱的火花；

1½级——约半数电刷下面发生微弱的火花；

2级——多数或全部电刷下面发生火花；

3级——全部电刷下面发生相当大的火花。

当单相串励电动机出现1、1¼、1½级的火花时，如仍连续工作实际上并无损害，并且在正常工作时可允许其存在；2级火花仅在短时过载或短时冲击负载时允许存在；3级火花仅在直接



起动或运转的瞬间允许存在，但不得损坏换向器和电刷。

产生火花的原因很多，电刷方面的故障主要有：电刷的品种规格不对、电刷与刷握间的间隙过小或过大及电刷的压力不合适等。此外，如果换向片磨损超过极限，也可能引起换向器冒火发热。如换向器表面不清洁、电刷磨损较严重、润滑油过多等，还会在换向器上发生轻微的环形火花现象，即沿圆周从某一极性的电刷跳到另一极性。

(5) 注意电动机的气味、振动和噪声。

单相串励电动机正常运行时，应平稳、轻快、无异常气味和响声等。如发生剧烈振动、噪音和烧焦气味，则应停车检查待查明原因排除故障后方可再投入运行。

(6) 注意传动装置的检查。

单相串励电动机运行时，要随时注意察看联轴器或皮带轮有无松动，传动皮带是否有过紧过松的现象等，如有即应停机紧固或调整。

(7) 注意轴承的运转情况。

单相串励电动机在运行中应注意轴承的声响和发热情况，如轴承声音不正常或过热，应仔细检查润滑情况是否良好和有无磨损等。

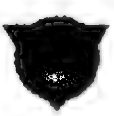
(8) 电动机运行的安全措施。

为了安全使用单相串励电动机及相关电器，以避免电气事故的发生，就必须对电动机及其他电器的外壳设置接地线，有效防护触电事故。

2. 定期检查和维护

为保证单相串励电动机的正常工作，除上述应在运行中进行检视的项目外，还应根据电动机的类型和使用环境进行定期检查和维护。其主要检查和维护项目如下。

1) 定期检查起动控制电器的完好情况，观察离心开关动作是否灵敏、继电器触点和接线有无烧损、氧化，接触是否良好等。



2）应经常检查电动机接线板螺丝是否松动或烧损。

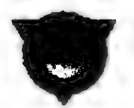
3）定期测量电动机绕组的绝缘电阻。如使用环境比较潮湿则更应经常进行测量，所测绝缘电阻值应符合质量要求，以确保电动机的安全、正常运行。

4）应及时清除电动机机壳外部的灰尘、油污和杂物等，使用环境恶劣的电动机最好每隔几天即清扫一次。

5）定期检查电刷盒的弹簧压力是否足够、电刷长短及与换向器接触的弧面是否适当等。尽量调整到使电枢换向器在接近无火花区域工作，以确保单相串励电动机安全良好地运行。

6）定期用煤油清洗轴承并更换新润滑脂（可视电动机运行时间和环境半年至 1 年更换一次）。更换润滑脂时不要上得太满，一般以占轴承室 1/2～2/3 为好，否则容易发热而将润滑脂挤甩出来。

7）除了按上述内容对单相串励电动机作定期维护外，运行一年后应大修一次。大修的目的在于对电动机进行彻底、全面的检查与维护，增补、更换电动机缺损或磨损的零部件。并彻底清除电动机内外的灰尘、污物等，发现问题即应及时处理，以免故障扩大而造成严重损失。一般来说只要使用正确、维护得当和发现故障及时处理，单相串励电动机的使用寿命还是很长的。





单相电动机在使用时，常会因供电线路、负载机械和控制电器的影响，以及使用环境恶劣、安装不当、维护不周和电动机本身故障等使其不能正常工作。

第1节　电动机产生故障的原因

单相电动机在其起动和运行中发生故障的原因是多方面的。它既有电源、负载、环境和安装等外在因素，但也有电动机本身机械和电气故障等内部缺陷。现将单相电动机常见故障及原因简述如下。

一、电气故障

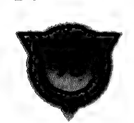
单相电动机的电气故障主要分为：电动机定、转子绕组故障和起动装置故障两大部分。

1. 电动机定、转子绕组故障产生的原因

单相电动机定、转子绕组常见故障主要有：通地、短路、断路和接错（发生在重换绕组中），以及笼型转子绕组断条等。电动机产生这些故障的原因主要如下。

（1）电源电压过高过低，当电动机长时运行于这种电压下，将使绕组过热短路烧毁。

（2）电动机与负载机械选配不当。电动机长期处于超载运行



而使其绕组严重发热，以致最后短路烧毁。

（3）电动机在潮湿或空气湿度大的环境中使用。使绝缘受潮而绝缘强度降低，起动与停机的过电压将绕组绝缘击穿而产生通地故障。

（4）电动机绕组因严重短路、机械损伤、焊接不良等原因，都有可能造成绕组断路。

（5）电动机在重换绕组时，绕组的嵌线、接线过程中发生将绕组接错的故障。

（6）笼型转子绕组在其铸制过程中，因铝材质量、铸造温度及模具旋转速度（采用离心铸铝时）等原因，有发生笼型转子断条故障的可能。

2. 起动装置故障产生的原因

单相电动机的起动装置有：离心开关、起动继电器和电容器三部分，这些起动装置产生故障的主要原因如下。

（1）离心开关由于其机械零件磨损、变形或弹簧过硬等原因，可能造成短路故障。

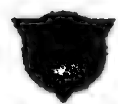
（2）离心开关因弹簧失效、机构卡死和触点烧熔、脱落等原因，可能产生断路故障。

（3）继电器弹簧张力过大、失效和触点烧损等原因，可能造成继电器工作失灵、电动机起动绕组烧坏等故障。

（4）电容器如长期使用或保管不当，使其损坏，从而发生短路、断路和失效等故障。

二、机械故障

单相电动机常见的机械故障主要有：轴承损坏、定、转子相擦、转轴弯曲和轴伸断裂、铁心高温变形、机座和端盖裂纹等故障。产生这些故障的原因为：制造工艺缺陷、安装使用不当、机械碰撞损伤所至。

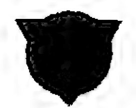


第2节　异步电动机故障检查及处理

由于各种原因单相异步电动机的故障可说是不可避免的。因此，为了尽量减少发生故障，除应正确选配和合理使用电动机外，还要对电动机产生故障的原因、检查及处理有相应了解。这样，就能使电动机故障发生时得到迅速而正确的处理。表3-1所示即为单相异步电动机常见故障、原因及处理。

表3-1　　单相异步电动机常见故障、原因及处理

故障现象	产生原因	检查及处理方法
电动机不能起动并有嗡嗡声	1. 电压太低	电源线太细，起动电压降太大，应更换为较粗的导线
	2. 负载机械被卡住	检查负载机械并排除故障
	3. 润滑脂太硬，小容量电动机带不动	此类故障多发生在严冬无保温场所的电动机，可拆开轴承盖加入少量机油
	4. 定子或转子绕组断路	用万用表或试灯检查断路处，并排除故障
	5. 离心开关触点闭合不了	检查离心开关是否已坏，或者动作不够灵活，应视情况予以调整
	6. 定子绕组出线首尾接反或电机绕组内部接反	给定子绕组通入直流电，并用指南针逐极检查绕组极性
	7. 电容器断路	更换新电容器
电源开关合上后烧熔丝	1. 定子绕组通地或短路	1. 打开电动机察看绕组是否有烧焦、高温变色等现象的地方，并用手摸比较温度，找出短路处，修复。 2. 用试灯或摇表（绝缘电阻表）查出接地处，垫好绝缘并刷上绝缘漆
	2. 开关与定子之间接线有短路	将电动机的接线端拆开，检查导线的绝缘性能并排除故障

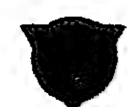


续表

故障现象	产生原因	检查及处理方法
电源开关合上后烧熔丝	3. 电动机负载过大有机械被卡住	用电流表检查定子电流和用手转动转子看有无卡住现象，可采取减轻负载及排除故障
	4. 保险丝选择过细	熔丝对电动机过载不起保护作用，只对短路和过载起动时起保护作用，所以熔丝一般可按下式选用： $熔丝额定电流 > \frac{起动电流}{2 \sim 2.5}$ (A)
	5. 引出线接地	将引出线重新绝缘，连接好
电动机的温升超过额定值或冒烟	1. 电压过低或过载、负载机械被卡住或润滑不良	1. 检测电压是否过低，如电源线太细压降太大，则可更换粗线或适当提高电压。 2. 用电流表测量电流，如过载则适当降低负载，有条件时可采用风扇或鼓风机吹风，加强散热冷却。 3. 排除负载机械故障，给机械加润滑脂
	2. 电机通风不好或被曝晒	1. 检查电动机风扇是否损坏或未固紧。 2. 移去阻塞风道的杂物
	3. 电压过高或接法错误	如电压超出标准很多，可适当降低电压
	4. 笼型转子绕组断条	如确定为断条后，可更换一个转子
	5. 正反转频繁或起动次数过多	减少正反转和起动的次数，或改用其他合适类型的电动机
	6. 定转子相擦	1. 如轴承松动，则须换新轴承。 2. 锉去定、转子相擦的部分。 3. 校正轴中心线
	7. 定子绕组有小范围的短路故障，或定子绕组存在有局部接地故障	参阅本表“电源开关合上后烧熔丝”中1“定子绕组通地或短路”的内容处理
	8. 起动后离心开关触头断不开	检测总电流或起动用辅助绕组回路电流，检修或更换离心开关

故障现象	产生原因	检查及处理方法
电动机转动时噪声太大	1. 绕组短路或接地	检测电阻值，排除故障
	2. 离心开关损坏	修理或更换离心开关
	3. 轴承损坏	修理或更换轴承
	4. 轴向间隙太大	将间隙调至适当值
	5. 电动机内落入杂物	拆开电动机清除杂物
空载能起动但起动迟缓且转向不定	1. 辅助绕组断路	查出断路故障处并予以修复
	2. 离心开关触点合不上	同上
	3. 电容器断路	更换电容器
电动机起动困难加上负载后转速立即下降	1. 电源电压低	检测电源电压
	2. 转子鼠笼断条	拆开电动机检修笼型转子断条故障
	3. 定子绕组内部有局部线圈接错，此时，电流也不正常	拆开电动机，认真检查主、辅、调各套绕组
	4. 轴承的摩擦加大	清洗轴承，换上适宜的润滑脂
	5. 负载过重	更换容量较大而又适宜的电动机
电动机的空载电流偏大	1. 电源电压过高	检测电源电压
	2. 电动机本身气隙较大	拆开电动机，用内卡、外卡仔细地测量定子铁心内径和转子铁心外径
	3. 定子绕组匝数未绕够	重绕定子绕组，增加匝数
	4. 电动机装配不当	用手试转电动机，如转子转动不灵活，则可能是转子轴向位移过多，或端盖螺丝没有上紧，可放松螺钉再试转
绝缘电阻降低	1. 潮气浸入	用兆欧表检测后，进行烘干处理
	2. 引出线端和接线盒接头的绝缘即将损坏	重新包扎引出线端
	3. 电动机过热后绝缘老化	作重新浸漆处理

故障现象	产生原因	检查及处理方法
机壳带电	1. 引出线或接线盒接头的绝缘损坏碰机壳	经检测后，套上绝缘管或包扎绝缘带
	2. 端部太长碰触机壳	如拆下端盖后接地现象即消除时，则应将绕组端部刷上一层绝缘漆，并同时在线圈破损处垫放好绝缘纸，然后再装上端盖
	3. 定子绕组两端的槽口绝缘损坏	细心扳动绕组端接部分，耐心找出绝缘损坏处，然后垫上同等绝缘纸并刷上绝缘漆
	4. 槽内有铁屑，毛刺未清除干净，导线嵌入后而形成通地	拆开每个线圈接线头，用分组淘汰法找出通地线圈后，进行局部修理
	5. 在嵌线过程中，导体绝缘曾受到机械损伤	拆开每个线圈的接头，用分组淘汰法找出接地线圈后，进行局部修复
	6. 外壳没有可靠接地	当按上述几个方法排除故障后，将电动机外壳进行可靠接地
轴承盖发热	1. 新换轴承装得不好，有歪斜、卡住等不灵活现象	可转动转子或拆开端盖转动轴承，以找出故障所在
	2. 轴承脂干涩或润滑脂太少	清洗轴承并加上轴承润滑脂
	3. 有漏油现象，润滑脂太多	一般润滑加到轴承室的70%左右，即将轴承加满，轴承盖内浅浅加一层即可
	4. 皮带轮张得太紧或联轴器装配不在同一轴线上	转动转子，检查皮带张紧情况，以及联轴器的连接情况
	5. 轴承润滑脂内有灰砂、铁屑等杂物	用铁棒或螺丝刀的一端放在轴承端盖处，用耳细听，轴承运转如有杂声，则应立即停止运行并清洗轴承
	6. 轴承已损坏	更换同型号新轴承
	7. 端盖与机座不同心，转子转起来很紧	检测端盖的同心度

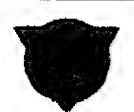


第3节 串励电动机故障检查及处理

单相串励电动机的故障与负载状况、维护检修和制造质量等诸多因素有关。在同一种故障中可能有不同的表面现象，而同一种现象也可能由不同的故障所引起。因此电动机的故障情况多种多样，故障的分析与检查也是非常复杂的。需要在生产实践中积累一定的经验，才能对单相串励电动机故障进行正确的分析与判断，才能迅速而准确地处理好电动机各种复杂多变的故障。表 3-2 所示即简要地介绍了单相串励电动机的一般故障及处理方法。

表 3-2 单相串励电动机常见故障、原因及处理

故障现象	产生原因	检查及处理方法
电动机不能起动	1. 负载过重	1. 减少电动机的负载
	2. 轴承太紧，以致电枢被轧住	2. 将端盖内孔或轴承颈刮削一下，再将轴承洗擦干净或者重换轴承
	3. 熔丝烧断	3. 装上符合规定的熔丝
	4. 电枢、励磁绕组及各连接线有断路，通地等故障	4. 测量各绕组的直流电阻、电压降或绝缘电阻，确定故障原因，并予以排除
	5. 电动工具中的齿轮耦合不好	5. 查找耦合不好的齿轮，并予更换
	6. 电刷与换向器接触不良	6. 检查弹簧压力，查看电刷在刷盒中是否卡住
	7. 励磁绕组接反	7. 用指南针对各励磁绕组进行极性检查，找出接反磁极线圈并予以重接



续表

故障现象	产生原因	检查及处理方法
电动机转速太高	1. 电源电压太高	1. 降低电源电压，或在电枢回路中串一电阻
	2. 电刷位置不对，或线圈元件到换向器片上的焊头位置不对	2. 移动电刷调整换向位置使火花减至最小，检测换向器相邻两片电阻，电压找出接错线圈元件
	3. 励磁回路有短路、通地等故障	3. 检测直流电阻或绝缘电阻，查出故障予以消除
电动机转速太慢	1. 负载过重	1. 可减少负载
	2. 电枢里有短路、断路故障	2. 用短路侦察器和电压表检测，找出故障予以修复
	3. 轴承太紧	3. 将轴承洗干净，重新加上干净的润滑脂
	4. 电源电压低	4. 将电源电压调到额定电压值
	5. 换向片有短路、通地故障	5. 用短路侦察器，试灯检测电枢，找出故障予以修复
电刷下冒火花及电刷剧烈发热	1. 电刷与换向器接触不良	1. 将换向器用砂布打磨好
	2. 换向器表面不平，片间云母高出换向片	2. 将电枢装上车床走一刀，并用挖槽工具削低片间云母
	3. 电刷牌号或尺寸不合适	3. 更换牌号和尺寸合适的新电刷
	4. 刷盒松动或装置不正	4. 紧固或纠正刷盒位置
	5. 电刷压力不适当	5. 调整电刷压力，一般串励电动机压力为200～400克/厘米^2；电动工具用电动机则为300～500克/厘米^2。
	6. 换向器表面不光洁、不圆或有油污等	6. 清洁或研磨换向器表面

故障现象	产生原因	检查及处理方法
电刷下冒火花及电刷剧烈发热	7. 电动机振动	7. 紧固或重新平衡电动机
	8. 电动机过载	8. 减少电动机负载
	9. 电枢绕组有短路、断路、通地、反接等故障	9. 可用短路侦察器、并结合试灯、电压、电阻表检测电枢，分别找出故障处予以修复
	10. 励磁绕组通地、短路等故障	10. 可用试灯和电阻表检测，找出故障并予修复
	11. 电枢绕组元件到换向器片上的焊接线头位置不对	11. 将电刷移到不发生火花的位置，如电刷不能移动，则需将线头重新焊接
	12. 换向片短路、通地	12. 可用短路侦察器试灯等检测，以排除故障
换向片上有烧焦的黑斑	1. 换向片和线圈元件焊接不良	1. 重新予以焊接
	2. 绕组线圈元件有断路故障	2. 可采用试灯或电阻表检测，找出故障重新连接
反向旋转时火花大	1. 电刷位置不对	1. 重新调整电刷位置
	2. 电刷分布不均匀	2. 设法使电刷均匀分布
	3. 线圈元件到换向片上焊头位置不对	3. 可采用电阻表检测电枢绕组电阻，找出接错的线圈元件并予更正和重新焊好
电机运转时发热	1. 电动机超载	1. 减轻电动机的负载
	2. 电动机绕组有短路、通地故障	2. 检测绕组片间电压，找出故障予以修复
	3. 电源电压过高	3. 将电压降低到额定电压值
	4. 通风散热不好	4. 检查环境温度是否过高，风扇是否脱落，风扇旋转方向是否正确，电机通风道是否通畅
	5. 换向器发生火花	5. 电刷与换向器接触不好，换向器表面不平、电刷牌号或尺寸不符等，对症更换或修复
	6. 轴承太紧	6. 将轴承洗刷干净，重新加上干净润滑脂

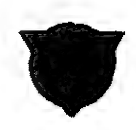


故障现象	产生原因	检查及处理方法
电机运行时有噪音	1. 轴承磨蚀，使电枢与极靴相擦	1. 换装新轴承
	2. 换向片不平或云母片突出	2. 车光换向器外圆，用专用工具挖削片间云母
	3. 电刷太硬	3. 换用合适的较软电刷
	4. 电刷压力太大	4. 调整弹簧至适宜压力
电动机冒烟	1. 电刷下火花太大	1. 参见“电刷下冒火花”一栏
	2. 电枢绕组有短路故障	2. 用短路侦察器、电流表检测，并排除故障
	3. 电枢绕组各元件间充满电刷粉尘及油污，并引起燃烧	3. 彻底清除干净这些粉尘和油污

第4节　单相电动机起动故障检查及处理

单相异步电动机需要一套辅助绕组来帮助其起动（单相同步电动机也同样如此）。电动机起动后，一般都由起动装置将辅助绕组从电源断开。如果是电容起动和运转式单相电动机，也要利用起动装置将一部分起动电容器从线路切除。

单相电动机的起动装置是多种多样的，但主要可分为机械式和电气式两大类。机械式是直接利用电动机转动时产生的机械力来断开起动开关的触点，如利用离心力断开触点的离心开关。电气式则是利用电磁力、电热原理使起动开关动作并断开触点的，如电磁式继电器及热继电器等。此外，PTC起动器也日益在家用电器单相电动机中广泛应用，该起动器实际上是一种正温度系数的热敏电阻，其阻值随温度而急骤变化，从而完成起动器连接和自动断开的功能。



常用的起动装置要求在单相异步电动机接入电源后，待转速达到同步转速的 75% ~ 80% 时，将辅助绕组自动从电路切除。所以，起动装置一定要工作可靠。如果在整个起动过程中不能断开起动用的辅助绕组，也就是说辅助绕组将长时处于运行状态，就会因辅助绕组线径小电流密度高而被烧毁。因此，起动装置对单相电动机的可靠运行是极为重要的，常见起动装置的故障及修理如下所述。

一、离心开关的故障及修理

这种起动开关结构复杂并且还要装在电动机端盖内侧，给检查维护带来很多不便和困难。因而它在单相电动机中的使用已日益减少，逐渐为其他型式的起动装置所取代。离心开关常见故障主要如下。

1. 离心开关短路

离心开关由于机械结构件磨损、变形、动静触点烧熔粘结、簧片式开关簧片过热失效、弹簧过硬、甩臂式开关的铜环极间绝缘击穿，以及电动机转速达不到同步转速的 80% 等原因，都使触点不能断开辅助绕组与电源的连接，造成离心开关短路而使辅助绕组发热烧坏。对这类故障的检查，可采取在辅助绕组线路中串入电流表的方法。运行时如仍有电流通过，说明离心开关的触点失灵而未断开，此时应查清原因并对症进行修复。

2. 离心开关断路

离心开关由于触点及簧片过热失效、触点烧坏脱落、弹簧失效以至无足够张力使触点闭合、机械的机构卡死、动、静触点接触不良、接线螺丝松动或线端断开、以及触点绝缘板断裂等原因，都将使离心开关在电动机起动时触点不能闭合。以至起动时辅助绕组未能接入电源而使电动机无法起动。断路故障可用电阻法进行检查，即用万用表测量辅助绕组引出线端的电阻。这时可测到几百欧的辅助绕组电阻。如阻值很大就说明起动回路有断路故障。如进一步检查，可拆开外盖直接测量辅助绕组电阻，如阻值正常则说明是离心开关故障。此时，应查清原因、找出故障并

予以修复。

二、起动继电器的故障及修理

单相异步电动机用起动继电器有多种型式，其结构原理已如前述，以下将简述它们的常见故障及修理。

1. 继电器工作失灵

继电器工作失灵即继电器不能准确完成特性规定的动作，使电动机不能起动或绕组被烧坏。造成继电器工作失灵的主要原因如下。

（1）弹簧张力过大。

这种故障多发生在电流型继电器中，其表现为触点易跳火，甚至不闭合，造成电动机辅助绕组无电而不能起动。电压型及差动型继电器的动开触点如不能断开，则辅助绕组将因长期接在电源线路而易发热烧坏。

（2）弹簧引力失效。

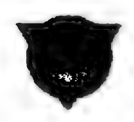
继电器的复位弹簧失效后其张力将减少，对电流型继电器来说，当电动机达到规定转速其触点仍不能断开时，将会使辅助绕组因长时通电而发热烧毁。对电压型及差动型继电器则可能会引起触点接触不良，或电动机辅助绕组在低速时即过早脱离电源，从而使电动机起动困难。

（3）参数改变。

单相异步电动机起动继电器的工作特性是根据电动机起动特性来调整的，如电动机绕组经过重绕修理后，由于其绕组的电压、线径、匝数、接法等技术参数，或多或少都会有所变化，而与继电器原有参数将会不匹配，引起其工作失灵。同理，如继电器线圈经过重绕后，其参数有改变时，也会产生与电动机不相匹配的现象而导致继电器工作失灵。

2. 继电器触点烧坏

继电器触点烧坏故障有可能造成触点脱落或粘结短路现象，从而危及电动机不能起动或辅助绕组发热烧毁。产生这种故障的原因主要如下。



(1) 弹簧调节不当。

弹簧张力调整过大或过小，都有可能使触点跳火而造成其烧蚀或粘结。

(2) 触点接地。

因触点座绝缘损坏并导致接地，这种故障持续时间过长，也会使触点烧坏，并引发其他相关故障。

(3) 辅助绕组短路。

辅助绕组出现短路故障时，将会在辅助绕组中通过较大的短路电流，并使触点过载损坏。

3. 线圈故障

继电器线圈发生故障的主要原因如下。

(1) 匝间短路。

线圈匝间短路可能是由于绕嵌质量差或使用中严重受潮，都容易引起线圈匝间短路。

(2) 主绕组短路。

电动机的主绕组如发生严重短路，强大的短路电流可能会导致继电器线圈烧毁。同时，随着辅助绕组中反电动势的增加，电压线圈也可能因过电压而损坏。

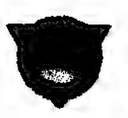
对继电器故障的修理，首先应分清情况查出原因，在找到故障位置后，根据情况而予以仔细修复。其弹簧、簧片和触点等关键元件，经检查如确系失效、烧蚀等，应及时更换，以避免严重事故的发生。

三、电容器的故障及修理

电容器是单相电容式电动机不可缺少的一个重要元件。由于采用了电容器移相，单相电容起动式、电容运转式、电容起动与运转式电动机，才获得了优良的起动和运行特性。在小功率单相异步电动机中，用电容器作为移相元件的电容分相式电动机数量极大，因此须要对电容器的类型及故障作一些简要介绍。

1. 电容器的类型

单相电容分相式电动机用的电容器，按其结构和类型可分类



如下：

（1）纸介电容器。

这种电容器是用两片长条形的金属薄膜，中间隔了一层或数层腊纸作为介质。将金属薄膜条片卷成筒后放入金属容器内，然后从金属薄膜片上引出两根接线端供接线用。

（2）油浸电容器。

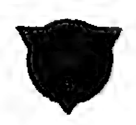
这种电容器作为介质的绝缘纸是用油浸过的，将其紧密卷成筒后放入装有绝缘油的金属容器内，这样既可以增加电容器的绝缘强度也有利于散热。

（3）电解电容器。

这种电容器的结构特点与上述两种电容器完全不同。它的结构和工作原理是这样的，一个极板为高纯度（99.95%以上）的铝箔制成，并经过化学腐蚀，使铝箔表面起伏不平，从而增大极板的有效面积。电容器的工作介质是在铝金属表面利用化学方法生成的一层极薄的氧化膜。电容器的另一极板不是金属，而是称为电糊的电解质。将电糊状电解液浸附在薄纸上，利用另一个铝箔来作为电容器这个极的引线。将铝箔与浸有电解质的薄纸叠起来并卷成圆柱形，将其密封在金属外壳中。然后将两极板的接线引出，并标上“+”和“-”的极性。

前述的两种电容器，由于不是用电解质作介质，所以就没有正、负极性之分，所以这种电容器适合于长期工作在交流电路中。而电解质电容器因有正、负极性，如果将电容器加上反向的电压，电容器就会很易被击穿而损坏。所以这种有极性的电解电容器用在交流电路时，其通电时间必须控制在几秒钟以内，而且重复使用的次数不得过于频繁否则极易损坏。但是，在相同电容量的情况下电解质电容器价格则要便宜得多。

电容器的容量单位是“法拉”，简称“法”并用符号F表示。但是这个单位太大，日常使用的单位为“微法”μF，$1F = 1 \times 10^6 \mu F$。单相电容式电动机的电容器容量一般都不大于$150\mu F$。选用电容器除了应注意其电容量和额定电压必须满足要求外，还应



按不同的用途、需要以及经济性来选用。例如，如仅作为起动用的电容器，由于其通电时间很短就可以选用价格较便宜的电解电容器。

2. 电容器的故障

电容器经过长期的使用或存放，会使电容器的质量受到一定影响而引起故障，常见的故障主要有以下几种。

(1) 过电压击穿。

电动机如长期工作在超过额定值的过高电压下，使电容器的绝缘介质被击穿而发生短路或断路故障。

(2) 电容量消失。

电解质电容器经长期使用或长期放置在干燥高温的地方，则可能因其电解质干结而产生电容量自行消失的故障。

(3) 电容器断路。

电容器经长期使用或保管不当，使其引线、引线端头等受潮腐蚀、霉烂，从而引起电容器接触不良或断路等故障。

电容器如出现上述故障，必将影响单相电容式电动机的正常运行或无法工作，严重时甚至还可能烧毁电动机绕组。因此，如发现电容器存在问题应进行故障分析，仔细检查找出故障并予以修复。当发现电容式电动机出力不够时，可检查电容器的容量是否符合要求。如电动机不能起动时，就应检查电容器是否已经断路或短路等。

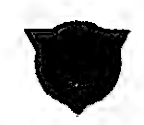
3. 电容器的检查

电容器常用的检查方法有以下几种。

(1) 电容器电容量的检查。

检查电容器的电容量时，可将被测电容器接入 50Hz 工频交流电路中。测量通过电容器两端的电压和电流，此时可由下式算出电容器的电容量：

$$C = \frac{I}{2\pi fU} \times 10^6(\mu F)$$



式中　U——电容器两端外加试验电压，V；

I——电容器电路中的电流，A；

f——试验电源频率，Hz。

电容器的测试线路则如图 3-1 所示。

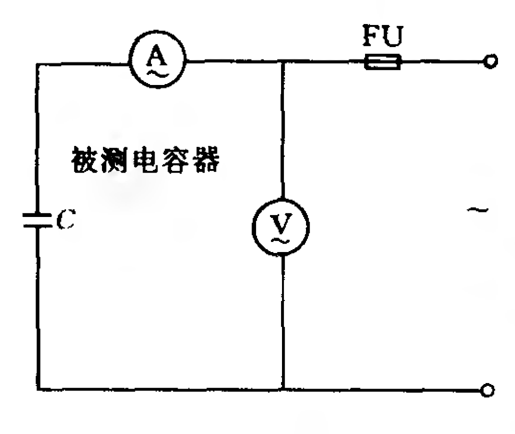


图 3-1　电容器电压—电流表检测法

(2) 伏安法检查电容器的断路和短路故障。

利用图 3-1 所示检查电容器电容量的线路，也可以检查电容器的断路和短路故障。因为电容器断路时，电流表所测读数应为零，而当电容器短路时，其电压表所测读数应为零。但要注意，此时必须在该检测电路中串接一个保险丝，用以保护电路中的测试仪表。

(3) 万用表检查电容器的断路和短路故障。

将万用表转到 10kΩ 或 1kΩ 档，为确保测试安全，可先将电容器的残余电量放光，然后再去检测电容器的故障。测量时先用万用表检测电容器两极之间的电阻，如阻值很大也即万用表指针不动且无充放电现象，则为电容器引线端与极片脱离的断路故障。如果所测电阻极小且表针不返回时，则为电容器极间短路。

当电容器损坏后，单相电容式电动机的起动电容器和运行电容器的电容值，虽然也可以通过较为繁复的方法计算出来，但算出来的电容值仍需在电动机的试运行中验证和调整。因此，最简便可靠的方法是按厂家原配电容器的规格和电容量进行更换。如原来所配电容器遗失，则可参照同类型单相电容式电动机选用电容器。

对于电容起动式单相电动机，为了获得较大的起动转矩，通常都将电容器电容量适当选大些。对 CO、JY 系列单相电容起动式电动机，其起动电容器电容值可按表 3-3、表 3-4 中所列的数值选取即可。

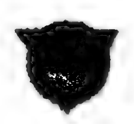


表 3-3　　CO 系列电容起动式电动机电容值

电动机功率（W）	120	180		250	370	550	750
极数	2、4	2	4	2、4	2、4	2、4	2、4
起动电容值（μF）	75	75	100	100	100	150	200

表 3-4　　JY 系列电容起动式电动机电容值

电动机功率（W）	180		250		400		600	800
极数	2	4	2	4	2	4	4	4
起动电容值（μF）	150	150	150	200	200	200	400	400

单相电容运转式电动机中，运行电容器的电容量不可选得过大。否则，虽有较大的起动转矩，但却会影响电动机的运行性能。对 DO、JX 系列单相电容运转式电动机，其运行电容器的电容值可根据表 3-5、表 3-6 所列的数值选取。

表 3-5　　DO 系列电容运转式电动机电容值

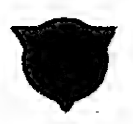
电动机功率（W）	8	15		25		40		60		90		120		180	
极数	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
运行电容量（μF）	1	1	1	1	2	2	2	2	4	4	4	4	4	6	6

表 3-6　　JX 系列电容运转式电动机电容值

电动机功率（W）	4	8		15		25		40		60		90
极数	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2
运行电容量（μF）	1	0.75	1	1	1.5	1.5	2.5	2	6	6	8	10

第 5 节　电动机检修用工具及仪表

单相异步电动机在生产制造过程中，各种零部件虽然都经过



严格的检测，装配成整机以后又经过诸多项目的全面试验与考核，论理这类电动机应该是能可靠地工作的。但是电动机正常而良好地运行，还受到电动机的安装质量、电源与负载条件、起动控制电器的好坏等许多因素的制约。如有不符合单相电动机使用的因素存在，并且还不是短期而是长期。这样就会导致电动机某部分发生故障，问题严重时，还可能损坏电动机。因此，电动机发生故障往往是不可避免的。

电动机出现故障后，就必须对电动机的故障及时进行修理。修理电动机需要有一套简单实用的检修工具和仪表，现简介如

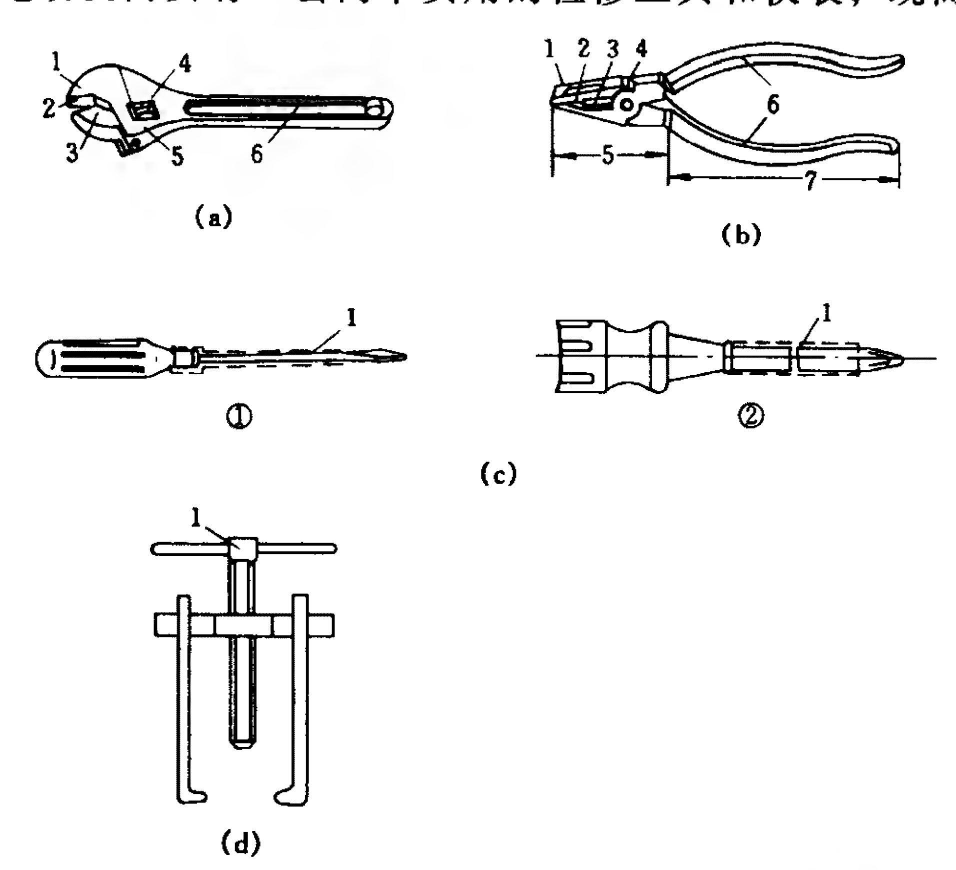


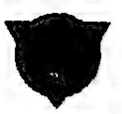
图 3-2 单相电动机拆装工具

(a) 活动扳手：1—呆板唇；2—扳口；3—活络扳唇；4—蜗轮；5—轴销；6—手柄

(b) 钢丝钳：1—钳口；2—齿口；3—刀口；4—侧口；5—钳头；6—绝缘管；7—钳柄

(c) 螺丝刀①平口式；②十字花式；1—绝缘套管

(d) 拉钩：1—扳手



下。

一、常用修理工具

这里所介绍的修理工具是对电动机进行拆装的工具、绕线和嵌线工具及接线工具等。

1. 拆装工具

由于单相电动机的功率都比较小，所以其体积也就不大，因而拆装工具所用不多。主要拆装工具有：螺丝刀、活动扳手、拉钩、钢丝钳、木榔头和铁榔头等。这些工具的大小规格应视电动机功率大小而定。拆装工具如图 3-2 所示。

2. 绕线和嵌线工具

绕线和嵌线工具主要有：剪刀、钢丝钳、手摇（或机动）绕

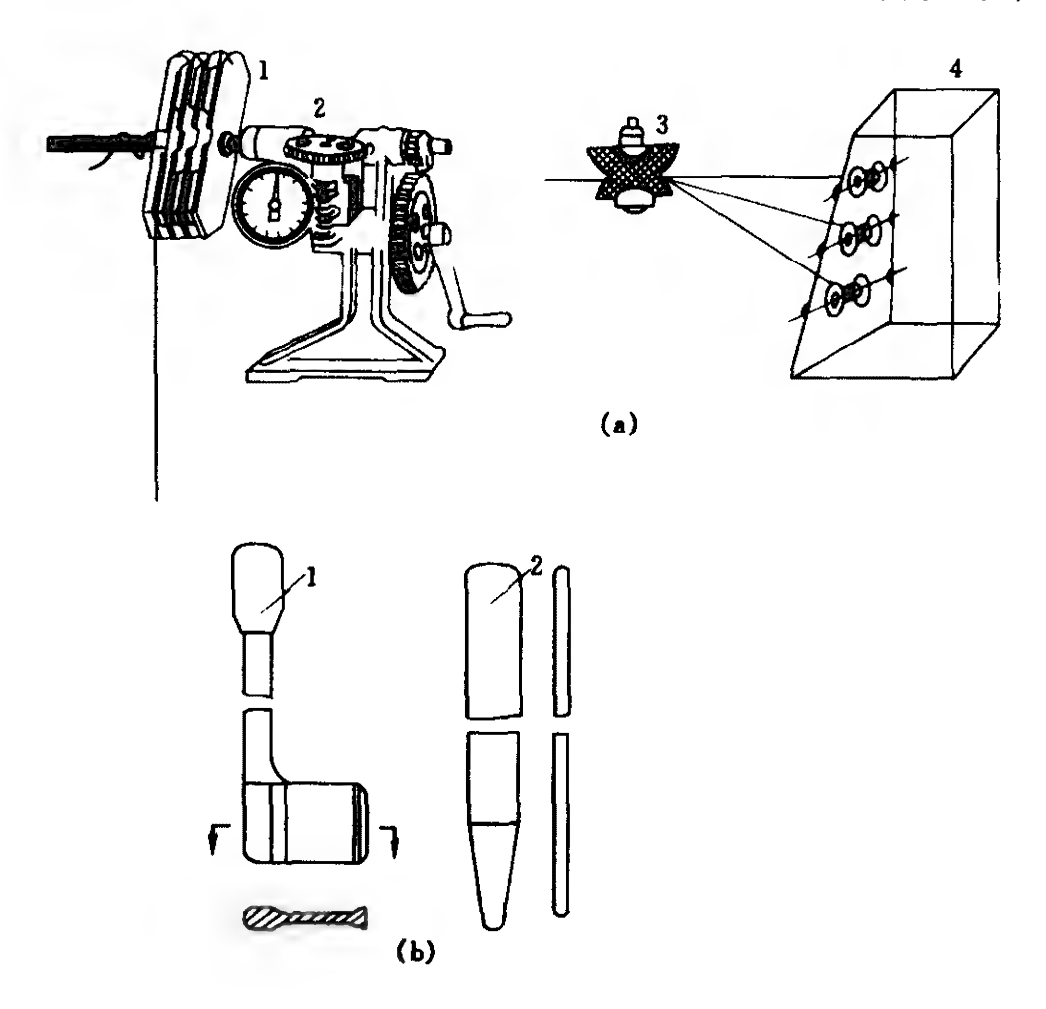
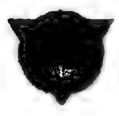


图 3-3 常用绕线和嵌线工具

(a) 绕线工具：1—绕线模；2—绕线机；3—夹线板；4—放线架

(b) 嵌线工具：1—压线板；2—埋线板



线机、绕线模、理线板、压线板榔头等，常用绕线和嵌线工具如图 3-3 所示。

3. 接线工具

单相电动机绕组的接线工具主要有：钢丝钳、剪刀、刮线刀、电烙铁、焊锡锅等，常用接线工具如图 3-4 所示。

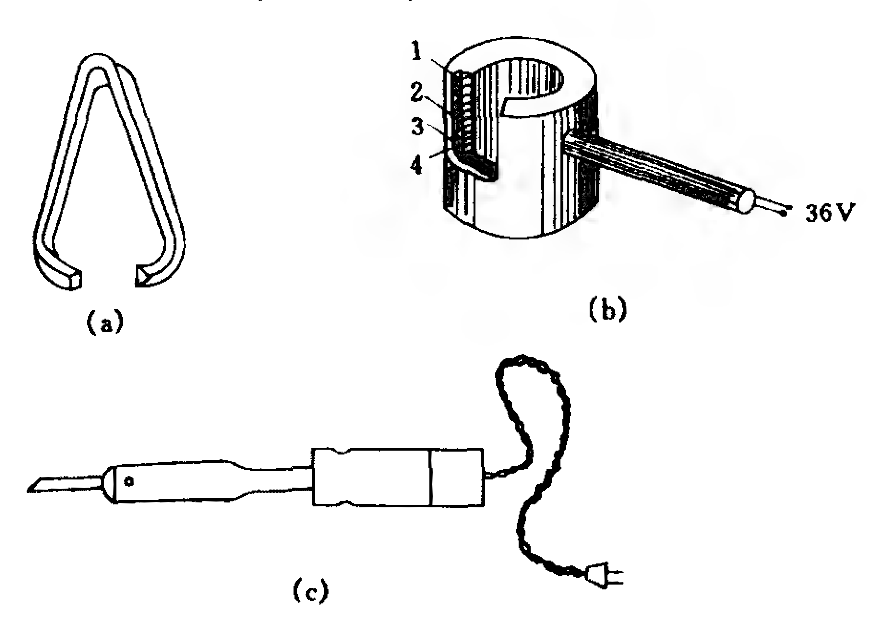


图 3-4　单相电动机接线工具

(a) 刮线刀；

(b) 焊锡锅；1—铁锅；2—石棉；3—电阻丝；4—云母

(c) 电烙铁

二、常用检测仪表

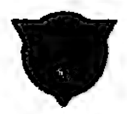
对单相电动机故障的检查需要一套方便而又实用的仪表，常用的仪表主要有：

1. 兆欧表

兆欧表（也称摇表），它是用来检测电动机绕组绝缘电阻的。根据电动机额定电压的高低可选择不同电压等级的兆欧表进行检测，一般 220V 电压的单相电动机多使用 500V 兆欧表。

2. 万用表

万用表可用来检测电动机绕组电阻的大小，也可以检查绕组的线圈是否短路、断路或接地等故障。



3. 电流表、电压表和功率表

电流表、电压表和功率表用来检测电动机的电流、电压和功率。这三种表可根据电动机的试验要求和功率大小来选用其精度和量程。一般选用 1 级精度即可，而量程则应视电动机容量的大小和电压的高低来定。

4. 转速表

为了测量单相电动机的转速，需使用转速表。此外，还可以采用日光灯和装在电动机轴上的测量盘来进行电动机转速的测量。

5. 高压试验仪

高压试验仪用来检查电动机绕组之间和绕组与铁心之间的绝缘强度，其试验电压的大小则由电动机的使用电压而定。

6. 短路侦察器

短路侦察器如图 3-5 所示，它是一个自制的小型开口变压器，可用来检测单相电动机定、转子绕组短路、断路、接错等故障。

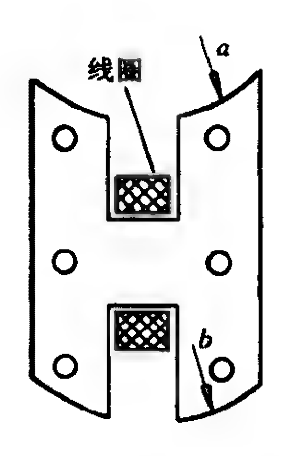
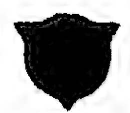


图 3-5 短路侦察器结构

以上仅介绍了几种常用检测仪表，它只能对电动机作绝缘电阻、直流电阻、耐压强度、电流、电压、功率等的检测和空载试验，而不能做负载试验等复杂试验。





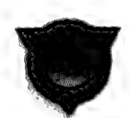
单相电动机故障有电气故障和机械故障两大类。一般来说电动机的电气故障发生得要多些，但其机械故障却也不能忽视。因为，电动机有许多机械故障如不及时处理，将会发展成更严重的电气故障。例如轴承严重磨损而造成电动机定、转子相擦，使电动机迅速发热而烧坏绕组。此外，使用不当使电动机受到外力撞击，也可能造成某些部件变形或破损，从而影响电动机的正常运行。因此，单相电动机机械方面故障的检查修理，是电动机修理中不可缺少的一部分。

第1节　电动机的拆卸与装配

单相电动机的维护和修理都需要经常将其拆开和重新装好。拆卸和重装电动机虽然很简单,但决不能对它掉以轻心。因为如拆卸和重装得不好,将可能使电动机受损或影响其以后的正常运行。所以,必须要了解和掌握电动机的正确拆卸和装配的方法。

一、电动机的拆卸

单相电动机在拆卸前，首先应将检修记录和有关工具准备好，并且应对定、转子间的气隙进行测量和用兆欧表检测电动机的绝缘电阻，以留作电动机维护或故障修理后参考比较。同时，还应在引出线端、端盖、螺钉、轴承盖、轴承、电刷架等零部件



上作好记号，以避免重装电动机时装错。

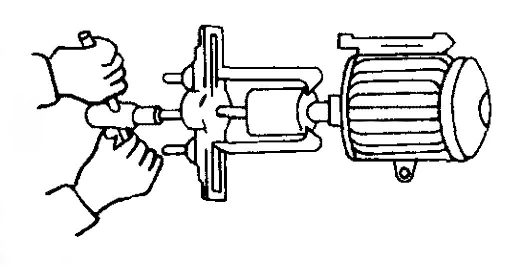
单相电动机的拆卸可按以下顺序进行。

1. 拆除电动机外部的所有引线

首先应拆除电动机外部的所有引出线，对于单相串励电动机，应将电刷从刷盒中提取出来。必须做好电动机引出线与电源及开关电器相对应的标记，以免重新装配时装错接线。然后将电动机与拖动机械部分拆开。

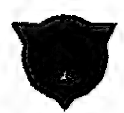
2. 拆卸联轴器或皮带轮

拆卸联轴器或皮带轮之前，应先将联轴器或皮带轮上的固定螺钉或键（又称销子）松开或取下。然后再用拆卸联轴器或皮带轮的专用工具拉钩，将联轴器或皮带轮慢慢地从轴上拉下来。对年久失修已经锈死的联轴器或皮带轮，可先在联轴器与轴的缝隙中加一点煤油。然后再用榔头轻轻敲打联轴器的四周，使锈蚀处逐渐松动，就可将联轴器或皮带轮拉出。拉动时还应注意平衡放置好拉钩，使被拉的联轴器或皮带轮受力均匀，如图 4-1 所示。如遇联轴器或皮带轮与轴结合太紧而难以拆卸下来时，切记不可用榔头等工具去猛力敲打，以免损坏电动机转轴、轴承、端盖和联轴器等。此时，可用喷灯、瓦斯气等将联轴器或皮带轮急火加热，乘热迅速把联轴器从轴上拉下。加热时应当用石棉包住轴的轴伸端，并连续向轴伸端浇冷水，以防止热量传到电动机内部而损坏其它零部件。如无需清洗轴承或加添润滑脂的电动机，可不必拆卸联轴器或皮带轮。


图 4-1　采用拉钩拆卸皮带轮

3. 拆卸风扇或风罩

在拆下联轴器或皮带轮以后，对封闭式电动机，这时就可以拆下风罩。然后取下风扇上的固定螺钉，用榔头轻敲风扇四周，即可拆下风扇。此时还应注意有些风扇是塑料压制的，其内孔具有罗纹，拆卸时可用热水使塑料风扇受热膨胀后随即拆下。较小



功率电动机的风扇可以不拆卸，可将它随同转子一起从定子铁心中抽出。

4. 拆卸轴承盖、端盖和抽出转子

可先拆下轴承室的外盖，接着再拆下端盖。拆前应在端盖与机壳接缝处做好标记，前后两个端盖也应标上明显有区别的记号，以避免重新装配时装错位置而浪费时间。拆卸时可用螺丝刀沿电动机止口四周轻轻撬动，并用榔头轻敲端盖与机壳的接缝处，敲打时切不可用力过猛。拆卸端盖时可先拆带联轴器或皮带轮一侧的端盖，接着将另一侧的轴承盖、端盖螺丝拆下来，然后将带联轴器的端盖连同轴承盖一起从定子铁心中抽出即可。但必须注意的是在抽出转子时，应先在转子与定子气隙间垫入薄纸片，以防止转子抽出时擦伤和碰损硅钢片和定子绕组。

5. 拆前、后轴承

如轴承仅需清洗时则不必将其从转轴上拆下来，只要用一个油盆装上煤油或汽油就可在轴上将轴承清洗好。拆卸轴承时应耐心而又细致，不得损伤待修的轴承而造成不必要的损失。即使轴承要报废，拆卸时也不得乱敲乱拉，否则会碰弯拉伤转轴。

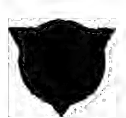
单相串励电动机的拆卸与上述过程大致相同，只是在串励电动机中增加了换向器和电刷装置，在拆卸时应特别注意。拆卸电刷时应先松开刷盒上的弹簧，拿下电刷，接着将刷盒和电刷架逐一拆卸下来。拆下零部件的地方均要对应地做好明显标记，以便检修后顺利地重新进行装配。

二、电动机检修后的装配

电动机检修后的装配过程与拆卸时顺序正好相反，即先拆下的零部件后装配而后拆卸的零部件先安装。其装配过程如下。

1. 装配前的准备工作

单相电动机在装配前，应将定、转子各零部件用汽油冲洗干净，特别是机座、端盖和轴承盖的止口处必须光洁无油污杂物等；定子铁心内径上的油膜杂物、高出定子铁心槽口的槽楔、绝缘纸等要刮平，并用“皮老虎”或压缩空气将其吹干净。



2. 转子装配

单相电动机的装配可从转子开始，先把轴承内盖、轴承和风扇装到转子上，经静平衡后再将轴承内盖加上一层润滑脂，应注意润滑脂不要装得太满，以免电动机高速旋转时，将润滑脂甩入定子绕组和铁心内。

3. 总装配

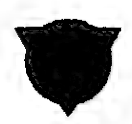
首先将经过静平衡的转子仔细装入定子，将加好少量润滑脂的轴承内盖移到紧靠轴承内侧的位置（因轴承内、外盖的螺栓孔较难对正，所以开始装配就应注意）。根据拆卸时预留的记号装上第一个端盖，并同时装上该端盖的轴承盖。接着装入第二个端盖及轴承外盖，应按拆卸时的记号将端盖对应装入机壳止口。装配时可用榔头轻敲端盖四周，并按对角线均匀对称逐步地旋紧螺栓。切记不要将某个螺栓一次紧固到位，因这样可能会造成止口损伤甚至机壳止口开裂。端盖固定好以后，可用手转动转子的轴伸端。此时，转子应转动轻快、灵活、无阻滞或相擦等现象。电动机装配完毕后，即可安装联轴器或皮带轮。安装时，先用 0 号细砂纸将转轴的轴伸端和联轴器轴孔打磨光滑，并刷上少量机油，然后将联轴器套到转轴上并对准键槽位置，再用榔头垫着硬木将键轻轻打入键槽内。

如为单相串励电动机，在装好转子及前后侧端盖后，还应装配好电刷架和电刷。并在总装前还要检查定子各磁极是否为 N、S 极依次交替布置。其检查方法为：给磁极绕组通入直流电，然后用指南针逐极检查磁极极性。

第 2 节　电动机转轴的故障与修理

转轴是单相电动机的重要部件之一，它担负着传递转矩、拖动负载、支持转子旋转和保持定、转子之间有均匀适当的气隙等功能。

电动机转轴的主要故障有：转轴弯曲、轴颈磨损、转轴出现



裂纹、轴伸断裂和轴伸与键严重磨损等。这些转轴故障将造成电动机定、转子相擦、温升增高、振动加剧和输出功率降低等。产生这些故障的原因除制造质量外，则大多为安装、使用及维修不当所致。

转轴故障的检查与修理方法如下。

一、轴颈磨损

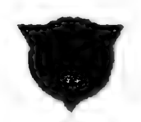
因多次拆装换修轴承会使转轴颈部受到磨损。如轴颈位磨损不大，可考虑采用刷镀或喷镀法，在转轴的轴颈处喷涂一层金属，然后再磨削至所需要的尺寸。如果轴颈磨损得过多，可用电焊在轴颈磨损处堆焊一层金属，再将转轴的轴颈位车削磨光到需要的尺寸。如轴颈位磨损特别大时，则可以采用另车套圈热套的办法处理。该方法就是先将已磨损的轴颈处车小 2～3mm，再新车一个套圈并加热后，热套入转轴的轴颈位，最后将套圈车削磨光到需要尺寸即可。对于转轴位稍有磨损而使轴承松动的情况，可以用钢冲在轴颈位圆周上均匀地冲适量麻点，即可重新使轴承与转轴的轴颈位紧密配合。但这种方法只能作紧急情况下的临时补救措施，并且此种方法在同一台电动机上只可使用一次。

二、键槽磨损

如果轴的键槽磨损，影响到与联轴器或皮带轮的紧密配合时，可采用电焊堆焊法修理。即在转轴键槽处堆焊并除去焊渣后，用车床将轴伸端重新车圆并用铣床重铣键槽即可。如键槽磨损不大时，可用加宽键槽、重新配键的方法解决，但加宽部分不应大于原键槽宽度的 15%。

三、转轴弯曲

转轴的弯曲情况可通过将转子装到车床或检验平板上，将百分表放在需要检查的位置，然后用手转动车床卡盘或平板支架上的转子，从表头的指示就可清楚地看出转轴的弯曲程度和弯曲位置。转轴的弯曲程度不允许超过 0.2mm，如果超过允许范围，就应加以矫直和校正。转轴的矫直可在压力机下进行，于轴弯处加压至矫直。如转轴弯曲程度太大则只有另换新轴。



四、转轴裂纹或断裂

如转轴的横向裂纹深度不超过轴直径的 10% ~ 15%，纵向裂纹长度不超过转轴长度的 10%时，可在转轴裂纹处用电焊堆焊法进行修理，修好后转轴仍可继续使用。

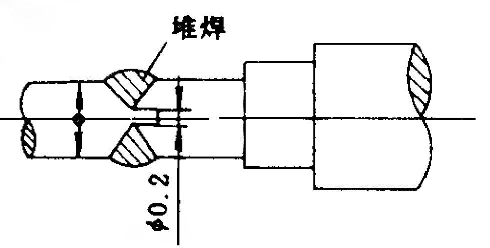


图 4-2　断轴的焊接修复方法

转轴如已断裂，一般都应更换新轴，这时应将拆下的旧轴仔细绘制加工图，采用同型号的优质碳素钢车制新轴。如转轴是在轴伸端处断裂，可按图 4-2 所示的方法焊接修复。

第3节　电动机轴承的检查与修理

单相电动机使用的轴承有滚动轴承和含油滑动轴承。目前在功率较大的单相电动机中多采用滚动轴承，因为它装配方便、维护简单，并且转轴与轴承的配合使定、转子同心度好。含油滑动轴承多用于小功率单相电动机，例如电风扇等。含油滑动轴承是以金属或非金属粉末经压制烧结而成。轴承结构呈多孔型式，经真空热油中浸渍后，使孔隙中充满润滑油，因而这种轴承具有自润滑性能。含油滑动轴承具有减振、噪声小、润滑好、寿命长和维修简单等优点。

由于电动机定子是通过轴承支持整个转子重量的，因此轴承是电动机中承受机械磨损最严重的部件。所以在电动机的机械故障中，轴承的损坏常占有很大的比例。如电动机的基础不牢、机械传动故障、皮带轮过紧、超负载运行、振动过大、污物杂质侵入、润滑油过多或过少，以及安装和拆卸不当等，都将造成轴承损坏。其明显的故障表现为：轴承及轴承盖过热，电动机的振动加剧并且发出不正常响声。

一、轴承的检查方法

电动机在正常运行时，滚动轴承仅有均匀轻微的嗡嗡声，而



滑动轴承的声音则更小。当滚动轴承损坏的运行特征则出现不正常的噪声、振动和发热。轴承损坏一般可用以下方法检查确定。

1. 声音检查

当轴承滚珠损坏或轴承滚道内有砂子、铁屑及其他杂物，电动机在运行时将会发出不均匀的噪声。严重时可直接听出来，并伴随着振动，轻微的也可用螺丝刀一端抵触在轴承盖上，木柄贴耳细听。此时，如听到“骨碌骨碌”的声音，可能是滚动轴承缺油；如听到不连贯的“梗梗”声，可能是轴承钢圈破裂或滚珠有疤痕或缺损；如听到的为轻微杂音，可能是轴承内混进有砂土等杂物或轴承零件有轻度磨损等。

2. 松动检查

当轴承发出异常噪声时，应检查轴承是否松动。由于电动机长期运行机械磨损严重，发生轴承松动情况也比较多，常见的轴承松动形式主要有以下几种：

(1) 轴承的滚珠破损。

(2) 轴承内圈与转轴的配合不紧而发生走动现象，俗称为“走内圈”。

(3) 轴承外圈与端盖的配合不紧而产生外钢圈走动现象，俗称“走外圈”。

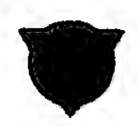
上述故障均可能使电动机在运行中产生局部过热，发热严重时电动机将无法正常运行。

轴承松动故障的可按以下两种方法检查：

(1) 用手握住电动机转轴的轴伸端并用力上下扳动，如果上下松动的程度超过了定、转子铁心之间的正常气隙，说明轴承可能损坏。

(2) 拆下轴承并去除轴承里的润滑脂，再用汽油将轴承洗干净，然后用手将外圈作往返移动。轴承较好时几乎察觉不到其间的间隙，如外圈与内圈间隙很大，说明轴承已损坏不能使用。

(3) 拆下端盖及轴承后，可仔细检查转轴的轴颈位置，看是否有轴承内圈走动磨擦的痕迹。并检查端盖的轴承室是否有走动



磨擦的迹象等。

3. 外观检查

当检查出轴承无明显松动时，应查看轴承内的支持架有无松脱或发蓝变色、滚珠有无锈斑和裂纹等现象。如没有，可用手转动轴承外圈并使之利用惯性转动，任其自行减速停止。好的轴承在整个自转过程中都是相当平稳的，如轴承停止前有倒退或突然卡死的现象，可将轴承用汽油清洗后，再试。如仍无任何改善，说明轴承已有严重缺损，只有更换新轴承。

二、轴承的拆卸与安装

拆卸损坏的滚动轴承必须采用正确的方法，以免将尚可修复的轴承拆坏。常用轴承拆卸方法如下所述。

1. 用敲击法拆卸

单相电动机所用轴承的内径一般均比较小，所以可如图 4-3 所示，用铜棒和榔头将轴承从转轴上敲击下来。敲击时要将铜棒顶在轴承内侧的内钢圈上，左、右交替均匀敲击，正常情况下，一般都是能拆卸下来的。

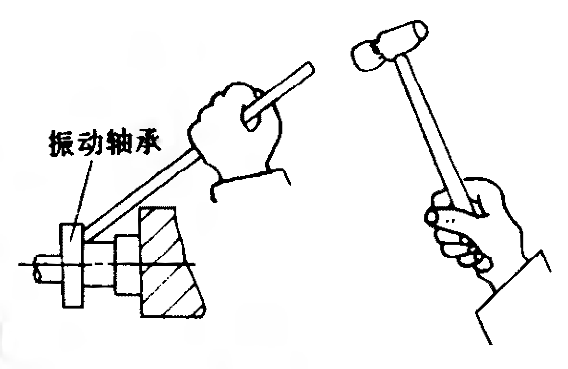


图 4-3 用敲击法拆卸轴承

2. 用拉具拆卸轴承

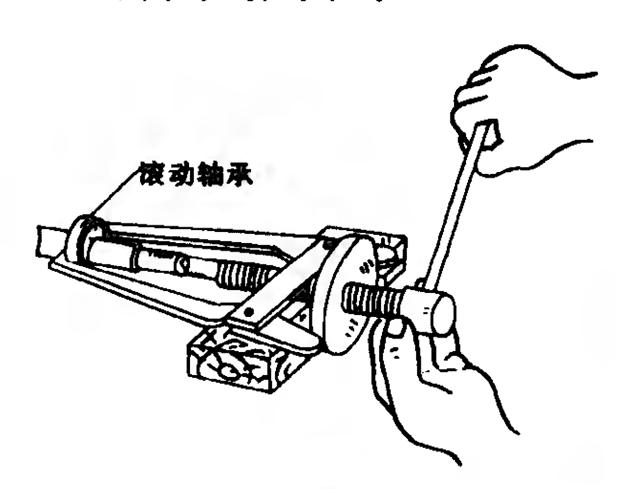
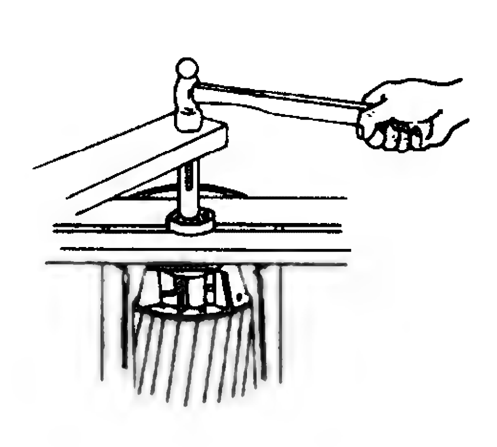
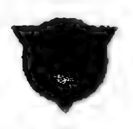


图 4-4 拉钩拆卸轴承的方法


图 4-5 垫板拆卸轴承的方法



滚动轴承也常用拉具进行拆卸，图 4-4 所示为用拉钩拆卸轴承的方法。拆卸时拉钩的两只钩应放在轴承的内套圈上，而绝对不能放在外套圈上，否则将会将轴承整个拉坏。拉钩丝杆的顶点应对准转轴中心孔并保持平衡，均匀转动手柄即可拆下轴承。图 4-5 所示则为用简单垫板拆卸轴承的方法。

3. 加热拆卸轴承

当轴承与转轴的轴颈结合得特别紧，且用上述方法仍难以拆卸时，为了不致损坏轴承，可采用加热法进行拆卸。拆卸时，先用湿布包住转轴，然后将加热到 120°左右的机油或变压器油浇淋在轴承内圆上，使其受热膨胀而扩大其内径，采用边拉边浇油的方式即可将轴承拉出。

4. 轴承的装配

不论新、旧轴承在其装配前都应进行仔细清洗，经检查后才能使用。单相电动机轴承的安装一般采用以下两种方法。

（1）轴承热套法。

将轴承清洗干净后，让它悬放于热油中并加热到 100℃左右，经加热 10～15min 后取出，迅速将其套于转轴上，并稍加压力将其推到轴颈位置即可。

（2）轴承冷压法。

冷压法装配多适用于轴径较小的轴承。通常是用一内径稍大于轴承内径的衬套（最好为钢质）。其一端焊平后用榔头敲打衬套的平头将轴承敲击入内。如有条件，最好采用压力机将轴承均匀压入转轴。

第 4 节　电动机机壳及端盖的修理

单相电动机的机壳和端盖是用铸铁、铸铝及钢板制成，在长期使用、搬运和拆修过程中，由于不慎而受到其它外力的撞击或磕碰，以致造成机壳或端盖的局部裂纹或断裂。如遇到这样的故障，某些情况可用补焊的方法进行修理。对于铸铁、铸铝机壳或



端盖的裂纹与断裂，可采用铸铁条、铝焊条熔焊、铜焊条冷焊或用焊住紧固在机壳里销钉的方法焊补。

对电动机机壳或端盖裂缝的焊补，应在保证不致引起机壳或端盖变形和尺寸改变的情况下才可采用。焊接后的机壳应能保证定子铁心在其中牢固不动，同时还应保持机壳与端盖之间精确的同心度。所以焊接时要特别注意防止机壳与端盖变形，以免装配时发生困难甚至无法使用。

总之，较小的裂纹和焊缝可采用上述的方法进行修理。如遇到较大裂缝或裂纹已扩展到轴承室位置时，一般不宜焊补而应更换新的机壳和端盖。



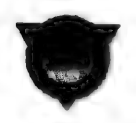
单相电动机的定子铁心上通常均安置有两套绕组（罩极式、串励式除外），一套为运行用的主绕组，另一套为起动用的辅助绕组，它们都称为定子绕组。当接入电源后，定子铁心内的主、辅两套绕组共同在气隙中建立起一个旋转磁场，并在转子绕组上产生感应电势和电流，该转子电流与定子旋转磁场相互作用后即产生电磁转矩，从而完成电能与机械能的转换。因此，绕组是电动机最复杂而又最易损坏的最重要部件。

单相电动机的定子绕组除罩极式和串励式电动机多采用集中绕组外，其它类型的单相电动机均使用分布绕组。常用的绕组型式有单层绕组、双层绕组、单双层混合绕组和正弦绕组等类型。以下将分述绕组的常用名词、含义以及各类绕组的构成、特点和接法。

第1节　绕组的基本概念及名词含义

一、机械角度

用于嵌置定、转子绕组的定、转子铁心均为圆形，它们均具有不变的360°机械角度，如图5-1所示。牢记这一点对了解机械角度与电气角度的关系，以及掌握电动机绕组的构成规律都是极为有益的。



二、电气角度

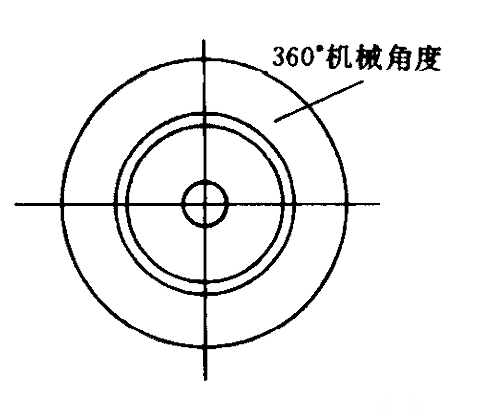


图 5-1　定转子铁心机械角度示意图

如图 5-2 所示，从前述已知，单相正弦交流电每正负变化一周或经磁场 N～S 一对磁极，它们就都具有 360°电气角度。现从磁场来看，由图中 A 点旋转一周回复到 A 点，即经过了 360°空间机械角度，同时从电的方面来说它也完成正负一周的变化，就是说也经过了 360°电气角度。由此可知，在一对磁极的情况下，电气角度与空间机械角度是相等的。

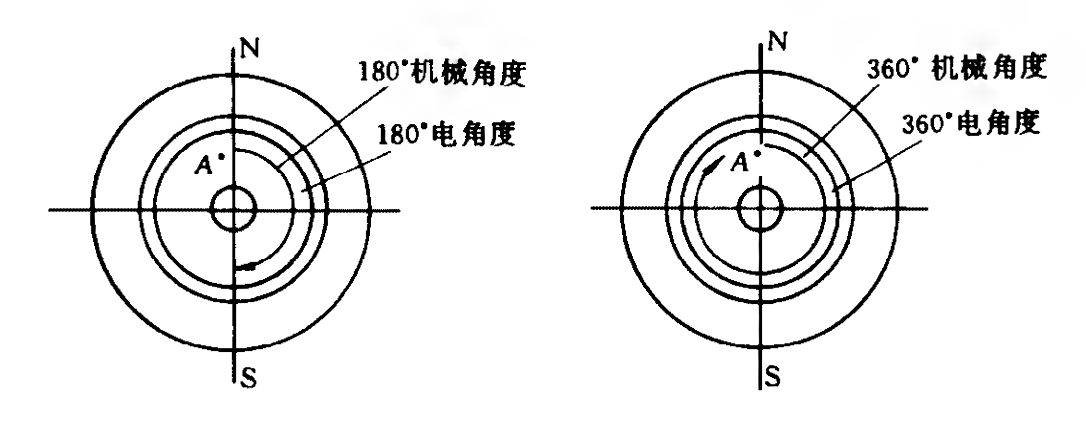


图 5-2　2 极磁场电气角度示意图

如果是 4 极电动机，也就是在定子铁心圆周上均匀分布着两对磁极，如图 5-3 所示，当沿铁心内圆转动时，每经过一对磁极，从电的方面来看就已完成了正负一个周期的变化，也即转过

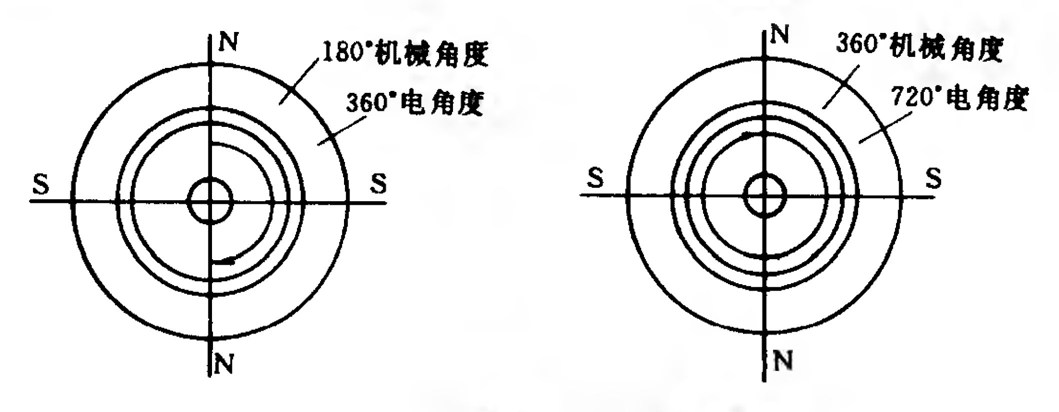
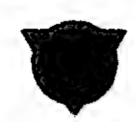


图 5-3　4 极磁场电气角度示意图



了360°电气角度。当沿铁心内圆转一周时，其转过的空间机械角度虽仍为360°，但从电的方面它却完成了两周的变化，其转过的电气角度就应该是：

$$\alpha = 360° \times 2 = 720°$$

因此，对于有 p 对磁极的单相电动机来说，铁心圆周的空间机械角度虽然仍为360°，而对应的电气角度则将是：

$$\alpha = 360° \times p$$

由上式求得的电气角度 α 是铁心整个圆周的电气角度。而在电机绕组的分析中，还常用到"槽间电气角度"，即电动机铁心相邻两槽中心所间隔的电气角度。它也即等于每槽所占的电气角度，其计算公式为：

$$\alpha' = \frac{360° \times p}{Z}$$

式中 α'——槽间电气角度（也称每槽电气角度）；

p——磁极对数；

Z——定子铁心总槽数。

三、极距 τ

极距是两个相邻磁极轴线之间的距离，用字母"τ"表示。柜距的大小有两种表示方法，一种是以每磁极所占铁心圆周表面长度（单位cm）表示；另一种则是以在铁心上所占槽数来表示。即：

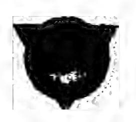
$$\tau = \frac{\pi D}{2p}(\text{cm}) \qquad \tau = \frac{Z}{2p}(\text{槽})$$

式中 D——定子铁心内径，转子铁心外径；

Z——定、转子槽数；

p——极对数。

当以槽数表示极距时，习惯上以从第X槽至第X槽来表示。例如一台4极24槽的电动机极距为24÷4=6槽，即其极距为6



槽，也就是它在每极下占据6槽，如图5-4所示。

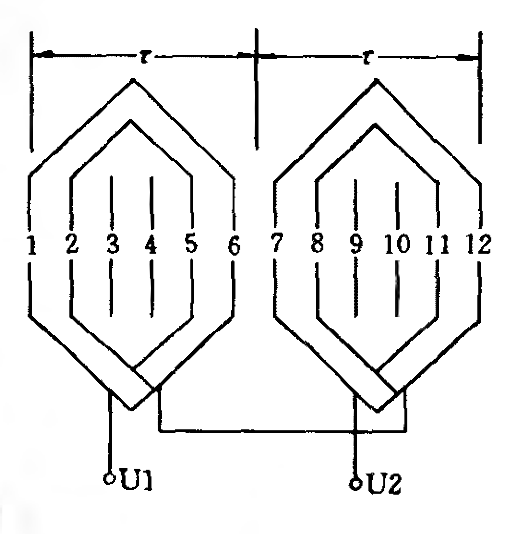


图5-4 单相电动机极距示意图

四、节距 y

节距是电动机绕组单个线圈元件两条有效边之间所跨占的槽数(也称跨距)，其表示方法与极距相似。例如某台电动机的节距 $y=6$ 槽，即其节距为6槽，就是线圈元件两条边分嵌在第1槽和第7槽(在全节距绕组中)。

五、每极每相槽数 q

每极每相槽数是在每一磁极下每相所占有的槽数，用字母 q 表示。每极每相槽数则等于：

$$q=\frac{Z}{2pm}$$

式中 Z——定子槽数；

$2p$——磁极数；

m——相数。

六、线径

绕制电动机绕组线圈所用电磁线的直径，用符号 ϕ 表示。

七、并绕根数

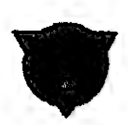
依照电动机绕线模同时并行绕制时电磁线根数，如2根并绕、3根并绕等。

八、线匝

一根或若干根电磁线绕电动机绕线模一周为一线匝。如一根电磁线绕线模一周为一线匝，而两根或三根电磁线等同时绕线模一周仍为一线匝。

九、线圈

由一线匝或若干线匝串绕而成的一束线匝称为线圈，线圈是电动机绕组的基本元件。图5-5所示，即为单相电动机分布式绕



组中常用的梭形线圈示意图。图中线圈的两条直线部分称为线圈的有效边，它嵌入铁心槽内以后直接参与电动机的电磁能量转换，而线圈的两个端接部分仅起连接两有效边的作用。

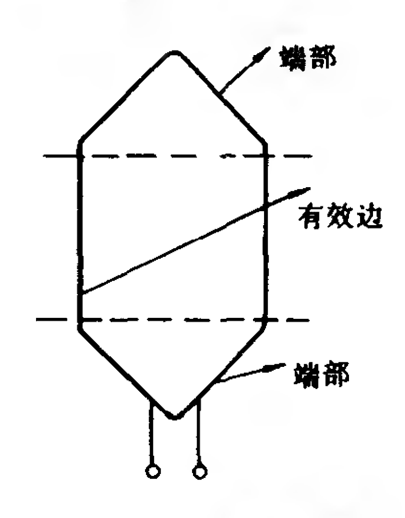


图 5-5　梭形线圈示意图

图 5-6　极相组的示意图

十、极相组

极相组又称线圈组，它是在一相绕组内形成一个磁极的一个线圈或若干个线圈串联而成的线圈组，如图 5-6 所示即为由 3 个线圈串接组成的极相组示意图。

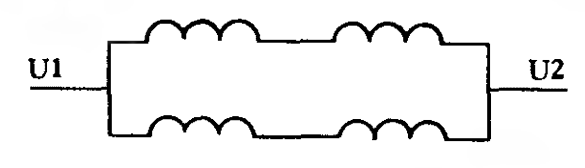


图 5-7　U 相绕组并联支路示意图

十一、并联支路

由一个或若干个极相组连接而成的部分绕组。在单相电动机中由于额定功率一般都比较小，通常采用单条支路后即能满足要求。图 5-7 所示为 4 极 2 路接法的示意图，在该图中可以看出 U 相的 4 个极相组被分接成两条支路，然后再将两条支路并联起来接成相绕组。

十二、相绕组

由一条或若干条并联支路连接而成的一大部分绕组。在单相电动机中通常具有主绕组和辅助绕组两套绕组，分别作为起动与运行使用。个别类型的单相电动机，还另外增加有第三套绕组作为调速绕组。



第2节　电动机绕组的类型

从前述已知，单相电动机的转子绕组多采用鼠笼绕组，而其定子绕组有集中式和分布式两类。在单相罩极式电动机中采用的就是集中式绕组，它的定子铁心上有凸出的磁极，定子绕组的全部线匝就集中绕在这些凸极上，如图5-8所示。集中式绕组结构简单并且接线也很容易，但它所产生的磁场在电动机内的分布却很不理想，所以对它的工作性能造成很坏的影响。因而除在一些小功率电动机中还有采用外，多数单相电动机都已很少采用这种绕组型式。

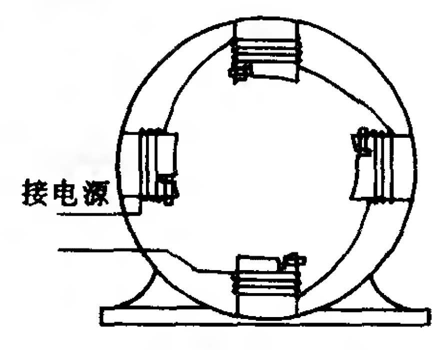


图5-8　罩极式4极电动机绕组示意图

现在的单相电动机中应用最多的为分布式绕组型式。这种绕组的线圈按照一定的规律分布嵌放在定子铁心圆周的槽内，然后依照规定的接法连接起来。现将单相电动机的分布式绕组常用类型简述如下。

一、单层叠绕组

单层叠绕组就是在每个槽内只嵌入一个线圈的一条有效边的绕组，所以这种绕组的线圈数是电动机定子铁心槽数的一半。由于单层叠绕组各个线圈的节距都是相等的，因而绕组的每一个线圈形状和大小都基本相同。并且它每个线圈的末边都返回邻近的下一个线圈起始边所占槽内，整个绕组形成一种相互重叠的形态，所以称这种绕组为叠绕组或等元件绕组。又因其绕组端部环环相扣极似链条形状，所以也称为单层链形绕组，如图5-9所示。

它与三相绕组不同，其单相单层叠绕组本身不具有自动消除三次谐波的能力，而三次谐波对单相电动机来说却又危害极大。但如果将主绕组只分布于2/3的定子槽中，则主绕组中的三次谐



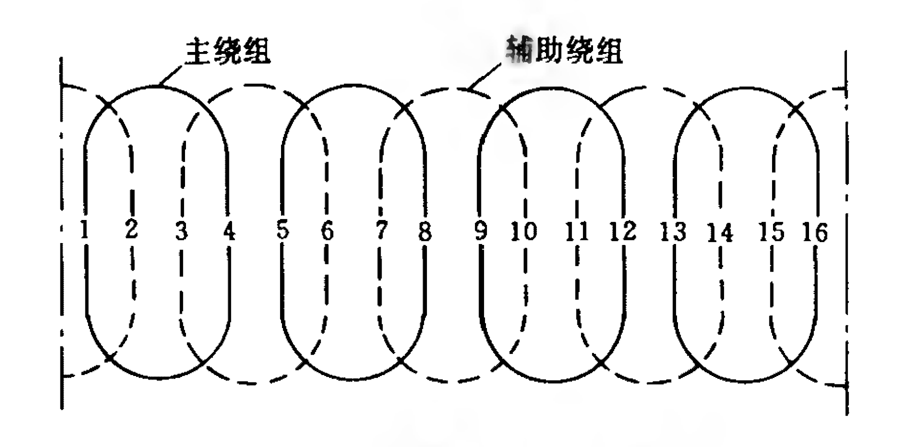


图 5-9　单层叠绕组线圈布置图

波将自动得到消除。同时还可大大提高其绕组的分布系数，从而可节省电磁线的用量近 20%，而对绕组承受电压的能力和磁效应都无重大影响。因此，在单相电动机中定子主、辅绕组所占槽数的比例通常均按 2:1 分配。对于电容运转式电动机，因其辅助绕组在电动机起动后并不脱离电源，而仍将继续接于电源上运行。所以这种单相电动机的主、辅绕组所占定子槽数可以是相等的，即主、辅绕组各占定子槽数的一半。

单相单层叠绕组根据其绕组布置的不同也有区别，现以一台 4 极 24 槽单相电动机的一半绕组为例来说明绕组的布置。

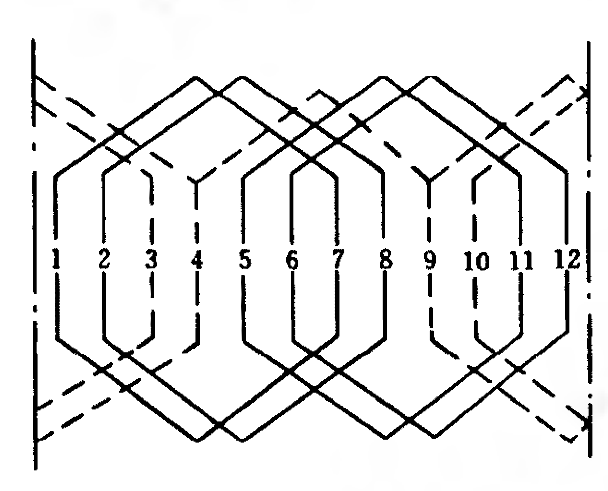
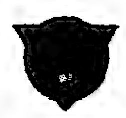


图 5-10　全节距单层叠绕组布置图

图 5-10 所示为采用全节距时的绕组布置，其节距为 $y=24$ 槽 $\div 4=6$ 槽，为偶数。从图中可见其主绕组应占有定子槽数中的 24 槽 $\times 2/3 \div 2=8$ 槽（即具有 4 个线圈），辅助绕组则占有定子槽数中的 24 槽 $\times 1/3 \div 2=4$ 槽（即具有 2 个线圈）。因为节距都为偶数所以在嵌线时，应先将同一极相组的两个线圈边依次嵌入相邻的两槽内，然后顺序隔两个槽再嵌入主绕组另一极相组的两个线圈，直至嵌完主绕组全



部4个极相组。接下来再将辅助绕组的4个线圈分为两个极相组，依次分别嵌入留下的1/3定子槽中。

为了缩短绕组的端接部分，以提高电动机电气性能，实用中则多采用短距绕组。如图5-11所示为采用短距绕组时的展开布置图，仍以4极24槽单相电动机的一半绕组为例，其节距则取$y=5$，即全节距时缩了1槽而成为短距绕组。由于线圈节距5槽为奇数，嵌线时则要求采取隔槽嵌线的方法。即每嵌1个线圈入槽后应隔1个空槽再嵌入下个线圈，这样依序进行直致嵌完全部线圈。该电动机绕组还可采用图5-12所示的分离式布置形式。此时，单相电动机的绕组排列明显地分为两部分，其端接部分也不像图5-10、图5-11所示那样均匀。但这种绕组却可以使电动机很方便地制成分割式定子铁心和绕组，以适应于某些特定使用场合的需要。

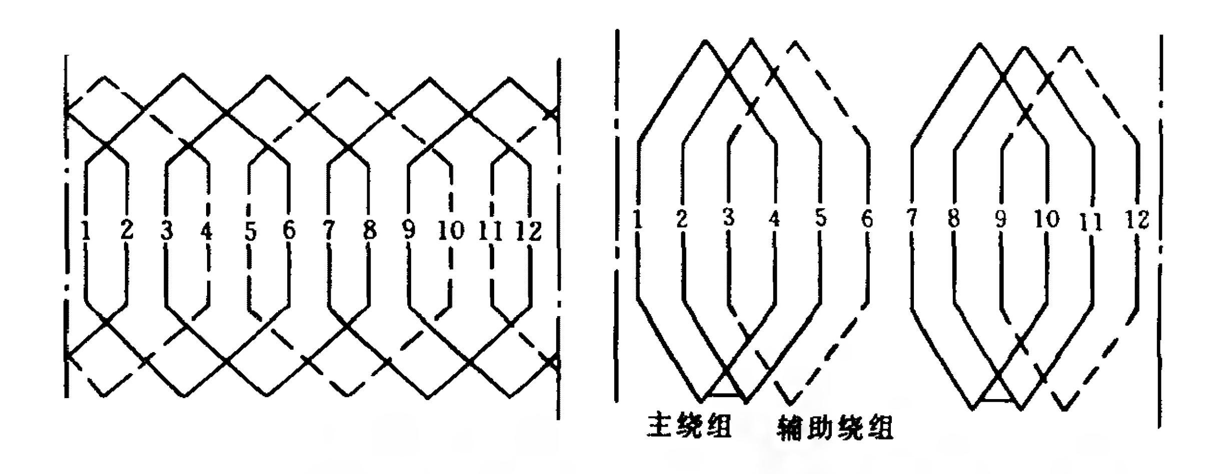
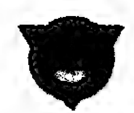


图5-11　短节距单层叠绕组布置图　　图5-12　分离式单层叠绕组布置图

上述几种单相电动机单层叠绕组的布置形式虽各有差异，但它们各自的电磁作用却都是完全相同的。

二、单层同心式绕组

如图5-13所示，同心式绕组是由几个节距不同而轴线相互重合的线圈串接而成。它是一种采用短距线圈的全距绕组。其主、辅绕组被分别布置在槽的上、下层，不过一般都将辅助绕组嵌放于上层以便于修理。这种绕组由于在嵌线时不用将部分线圈



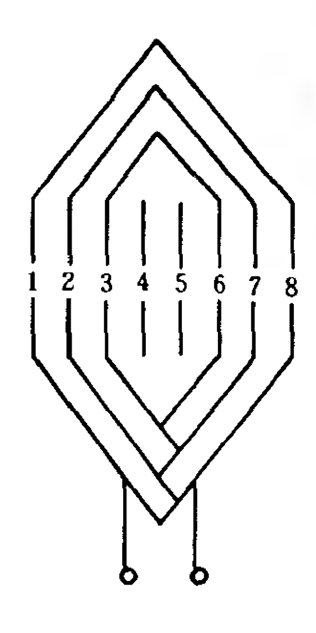


图 5-13　单层同心式绕组的极相组

边吊把，所以其嵌线较其它几种绕组型式要简便许多。因此，在单相电动机中同心式绕组是应用比较多的一种绕组型式。根据绕组布置和连接方式的不同，单相同心式绕组还可以分成图 5-14 和图 5-15 两种型式。前者为老式同心绕组，其明显的缺点是线圈端部较长，因此耗用有效材料多而增加了成本，并且使定子绕组的电阻和漏抗增大，导致电动机电气性能变差。而分组同心式绕组，则由于端部的大幅缩短，正好克服老式同心绕组的上述缺点。因此，单相电动机中现在更多采用的是这类分组同心式绕组。

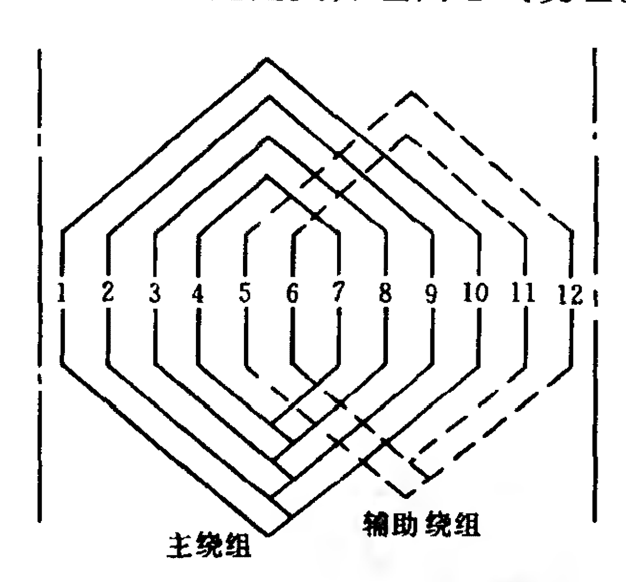
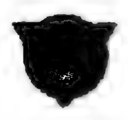


图 5-14　单层同心式绕组布置图

三、单层交叉式绕组

当单相电动机每极每相槽数 q 等于奇数时，还经常用到一种单层交叉式绕组，如图 5-16 所示。现仍以 4 极 24 槽单相电动机为例来说明这种绕组的布置情况。从图中可以看出，其主、辅绕组都由两组两个线圈和 1 个线圈的极相组构成。主、辅绕组按每嵌一组两个线圈的极相组以后，再接着嵌一组 1 个线圈的极相组。以这样交叉嵌置的方式，分别先后嵌完全部主、辅绕组。



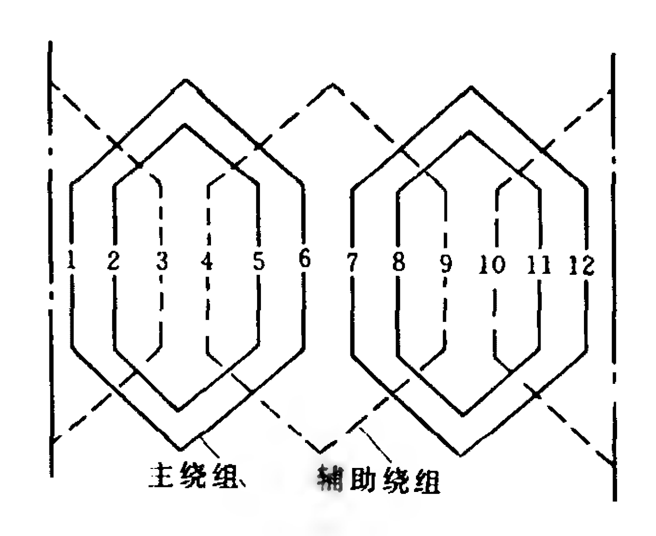


图 5-15　单层分组同心式绕组布置图

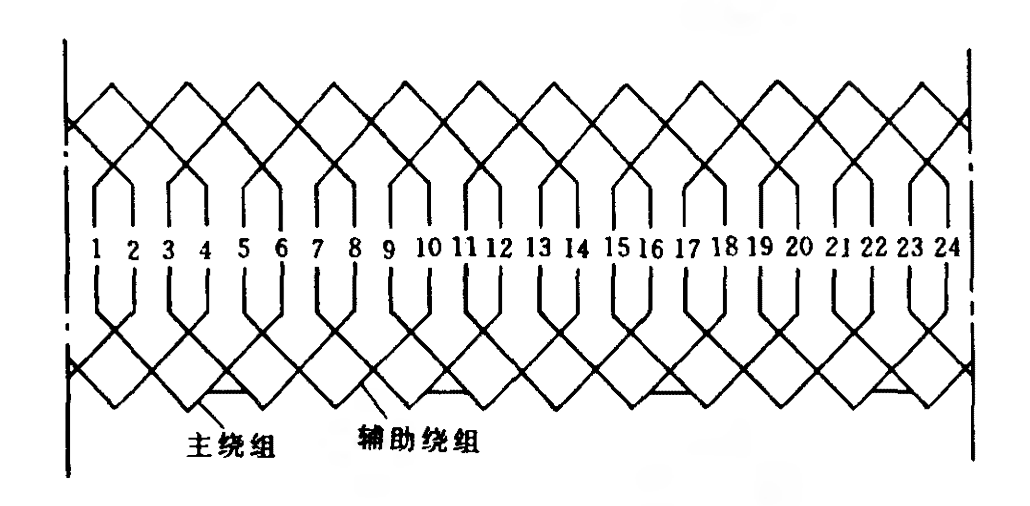
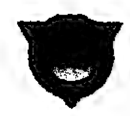


图 5-16　单层交叉式绕组布置图

这种单层交叉式绕组具有端部较短的优点，因而它节省电磁线，降低了成本，同时还因减少了线圈电阻而降低铜损。在电容运转式电动机中该类绕组得到广泛使用。

四、双层叠绕组

如图 5-17 所示为单相双层叠绕组展开图，今仍以 4 极 24 槽单相电动机为例来说明。通常为消除磁场中三次谐波的不利影响，单相双层叠绕组都应采用缩短 1/3 节距的短距绕组，即如图中线圈节距由全节距时的 6 槽（1—7 槽）缩短至 1/3 短距时的 4 槽（1—5 槽）。这种绕组虽具有较好的起动性能，但由于单相电



动机都比较小，所以其定子铁心内径也小，致使电动机绕组的嵌线较为困难，在单相电动机所用绕组型式中已经较少使用。

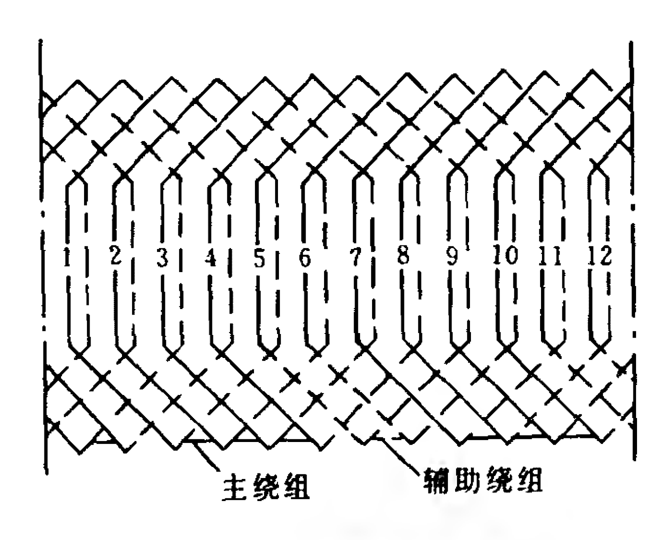


图 5-17　双层叠绕组布置图

五、正弦绕组

正弦绕组是一种高精度的特殊绕组，早期仅应用于自动控制用精密电动机，近年来已逐渐普及到一般用途的单相电动机中。正弦绕组它能消除三次谐波并能有效地削弱 5、7 次谐波，使电动机气隙磁通的分布尽可能接近正弦形。从而达到降低电动机杂散损耗、提高效率、改善起动性能的良好效果，以及使电动机具有优良的运行特性。下面将对正弦绕组的构成及其匝数分配作些简要介绍。

1. 绕组构成

正弦绕组是将定子铁心槽中的导线按照一定的规律来分布，同一极下各槽的导线数不相等来达到的。如图 5-18 所示为正弦绕组各槽导线的分布情况（以主绕组槽内导线数最多的为

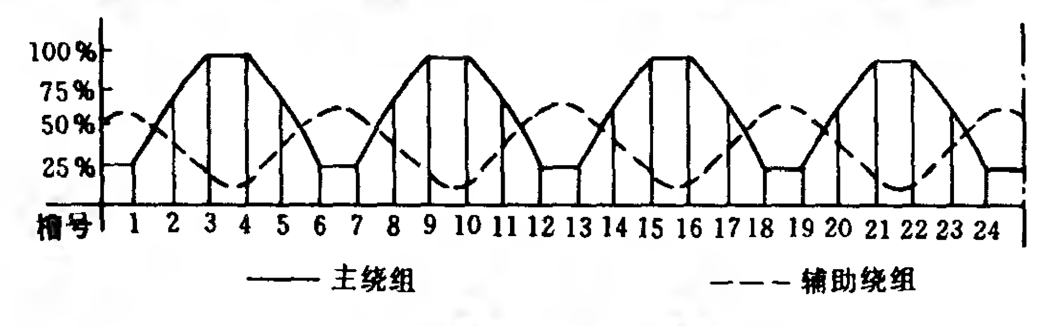
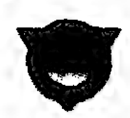


图 5-18　4 极 24 槽正弦绕组各槽导线的分布



100%)。从图中可以看出，正弦绕组的主、辅绕组所占槽数不是按照 2:1 的比例来分布，而是将主、辅绕组的导线按不同数量比例分布于定子铁心圆周的槽中。从图中不难看出主、辅绕组依正弦规律分布的明显特征。图 5-19 所示为按其分布方式相对应的定子绕组展开图。由于单层叠绕组和双层叠绕组等，不能在线圈尺寸、匝数分配等方面满足正弦绕组的要求，因此正弦绕组使用的是同心式绕组。

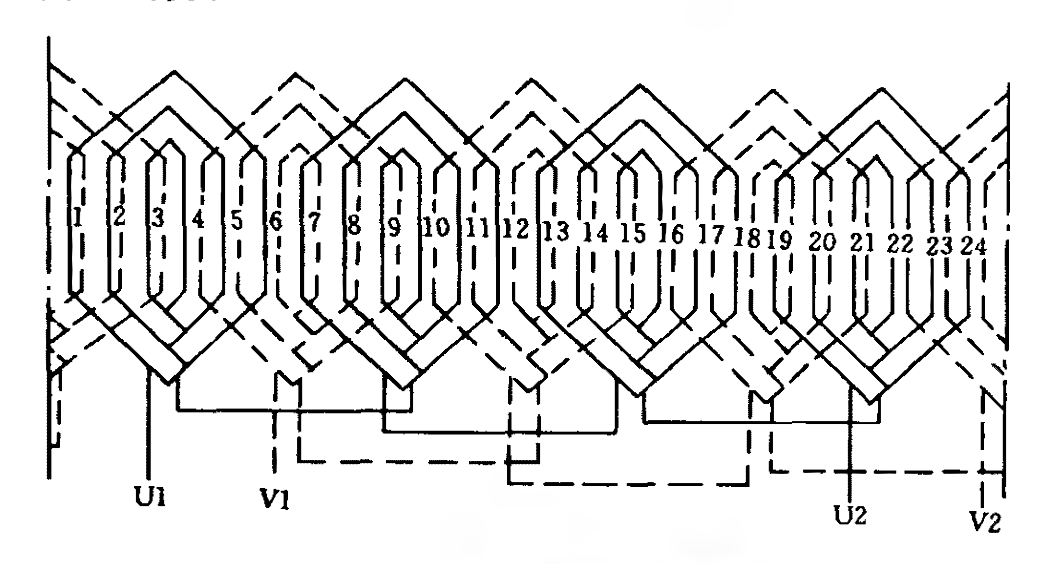


图 5-19　4 极 24 槽正弦绕组展开图

2. 匝数分配

从以上所述已经知道，在正弦绕组中组成一极的各个同心线圈的匝数是不相等的，各同心线圈的匝数可按下述方法计算。

(1) 计算各同心线圈节距之半的正弦值

$$\sin(x-x)=\sin\frac{y(x-x)}{2}\times\frac{\pi}{\tau}$$

式中　$\sin(x-x)$ ——某一同心线圈的正弦值；

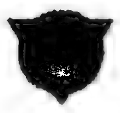
$y(x-x)$ ——该同心线圈的节距；

π——每极电角度（$\pi=180°$）；

τ——极距（槽）；

$\frac{\pi}{\tau}$——每槽电角度。

(2) 每极内各线圈节距之半的总正弦值



$$\Sigma\sin(x-x)=\sin(x_1-x_2)+\sin(x_2-x_2)+\cdots+\sin(x_n-x_n)$$

式中　$\Sigma\sin(x-x)$ ——每极线圈总正弦值。

（3）各同心线圈占每极线圈的百分数

$$n(x-x)=\frac{\sin(x-x)}{\Sigma\sin(x-x)}\times 100\%$$

式中　$n(x-x)$ ——某一同心线圈占每极线圈的百分数（%）。

（4）每个同心线圈的匝数

$$w(x-x)=w_{\Sigma}\times\frac{\sin(x-x)}{\Sigma\sin(x-x)}(\text{匝})$$

式中　$w(x-x)$ ——每个同心线圈的匝数；

w_{Σ}——一个极相组内同心线圈的总匝数。

现仍以 4 极 24 槽单相电动机为例，来说明采用正弦绕组时上述计算方法。

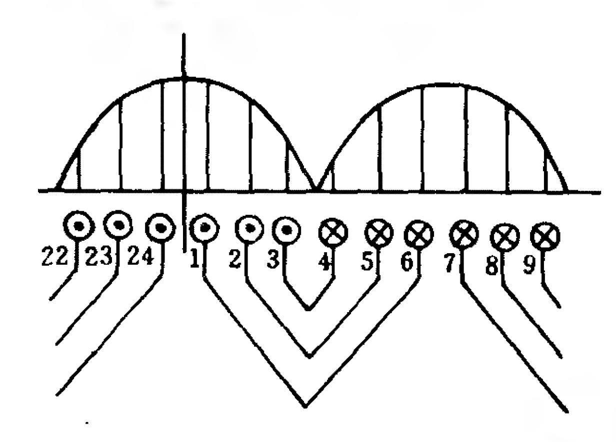


图 5-20　正弦绕组单层同心式布置

在单相电动机采用的正弦绕组中，因绕组型式的不同，又可分为单层同心式和单双层混合两种。此时电动机的极距 τ 应为：

$$\tau=\frac{Z}{2p}=\frac{24}{4}=6(\text{槽})$$

图 5-20 所示为单层同心式布置，从图中可以看出，第 1 极相组由 1－6 槽、2－5 槽、3－4 槽内的三个同心线圈组成，其节距 y 分别为 $y=5$(1－6 槽)、$y=3$(2－5 槽)、$y=1$(3－4 槽)。

图 5-21 所示则为单双层混合布置，从图中可以看出，这种绕组的定子铁心槽中一部分为单层线圈而另一部分则为双层线圈。各同心线圈占每极线

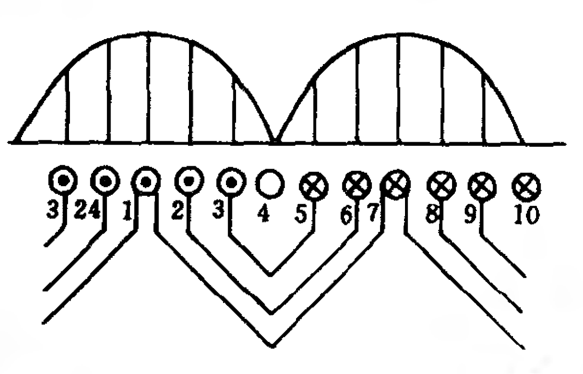


图 5-21　正弦绕组单双层混合布置

圈匝数的百分数计算如下：

(1) sin ($x-x$)

$$\sin(3-4)=\frac{\gamma(3-4)}{2}\times\frac{\pi}{\tau}=\sin\frac{1}{2}\times\frac{180^\circ}{6}=\sin15^\circ=0.259$$

$$\sin(2-5)=\sin\frac{3}{2}\times\frac{180^\circ}{6}=\sin45^\circ=0.707$$

$$\sin(1-6)=\sin\frac{5}{2}\times\frac{180^\circ}{6}=\sin75^\circ=0.966$$

(2) Σsin ($x-x$)

$$\begin{aligned}\Sigma\sin(x-x)&=\sin(3-4)+\sin(2-5)+\sin(1-6)\\&=0.250+0.707+0.966=1.932\end{aligned}$$

(3) n ($x-x$)

$$n(3-4)=\frac{\sin(3-4)}{\Sigma\sin(x-x)}\times100\%=\frac{0.259}{1.932}\times100\%=13.4\%$$

$$n(2-5)=\frac{\sin(2-5)}{\Sigma\sin(x-x)}\times100\%=\frac{0.707}{1.932}\times100\%=36.6\%$$

$$n(1-6)=\frac{0.966}{1.932}\times100\%=50\%$$

从上述计算可见，其最中间两槽（3－4槽）所占的比例不多，为简化绕线工艺和提高槽满率，可以将这两槽空出来专供嵌放辅助绕组，而1槽和6槽则全部嵌放主绕组。这样每极就只有(2－5)、(1－6）两个同心线圈，其总正弦值为：

$$\Sigma\sin(x-x)=0.707+0.966=1.673$$

各同心线圈占每极线圈匝数的百分数应为：

$$n(2-5)=\frac{0.707}{1.673}\times100\%=42.3\%$$

$$n(1-6)=\frac{0.966}{1.673}\times100\%=57.7\%$$

同样，也可以计算出图5-21所示的各同心线圈占每极线圈匝数的百分数。但是应注意同心线圈 n (1－7）的匝数只能占计算值的一半，另一半应放在相邻的极面下，即：

$$\sin(3-5)=\sin\frac{\gamma(3-5)}{2}\times\frac{\pi}{\tau}=\sin\frac{2}{2}\times\frac{180^\circ}{6}$$

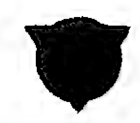
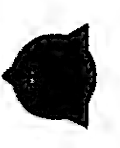


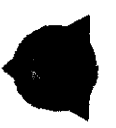
表 5-1 常用正弦绕组分布表

序号	绕组系数	每极槽数	每极绕组分布																		
			槽号																		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	0.75	3	50	50	5	50															
2	0.828	4	41.4	58.6		58.6	41.4														
3	0.856	6	57.7	42.3			42.3	57.7													
4	0.775	6	50	36.6	13.4	13.4	36.6	50													
5	0.915	6	36.6	63.4				63.4	36.6												
6	0.804	6	26.8	46.4	26.8		26.8	46.4	26.8												
7	0.912	8	54.2	45.8					45.8	54.2											
8	0.827	8	41.1	35.1	23.8			23.8	35.1	41.1											
9	0.950	8	35.2	64.8						64.8	35.2										
10	0.870	8	23.5	43.4	33.1				33.1	43.4	23.5										
11	0.796	8	19.9	36.8	28	15.3		15.3	28	36.8	19.9										
12	0.960	9	34.7	65.3							65.3	34.7									
13	0.893	9	22.7	42.6	34.7					34.7	42.6	22.7									
14	0.820	9	18.5	34.7	28.3	18.5			18.5	28.3	34.7	18.5									
15	0.928	9	52.2	47.8						47.8	52.2										
16	0.856	9	39.5	34.8	25.7				25.7	34.8	39.5										



续表

序号	绕组系数	每极槽数	每极绕组分布																		
			槽号																		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
17	0.793	9	34.6	30.6	22.7	12.1		12.1	22.7	30.6	34.6										
18	0.959	12	51.8	48.2									48.2	51.8							
19	0.910	12	36.6	34.1	29.3							29.3	34.1	36.6							
20	0.855	12	29.9	27.8	24	18.3					18.3	24	27.8	29.9							
21	0.806	12	26.8	25	21.4	16.5	10.3			10.3	16.5	21.4	25	26.8							
22	0.783	12	25.9	24.1	20.7	15.9	10.0	3.4	3.4	10	15.9	20.7	24.1	25.9							
23	0.978	12	34.1	65.9										65.9	34.1						
24	0.936	12	21.4	41.4	37.2								37.2	41.4	21.4						
25	0.883	12	16.4	31.8	28.5	23.3							28.5	31.8	16.4						
26	0.829	12	14.1	27.3	24.5	20	14.1				14.1	20	24.5	27.3	14.1						
27	0.790	12	13.2	25.4	22.8	18.6	13.2	6.8		6.8	13.2	18.6	22.8	25.4	13.2						
28	0.947	16	35.1	33.8	31.1											31.1	33.8	35.1			
29	0.910	16	27.6	26.5	24.5	21.4									21.4	24.5	26.5	27.6			
30	0.869	16	23.5	22.6	20.8	18.2	14.9							14.9	18.2	20.8	22.6	23.5			
31	0.829	16	21.1	20.4	18.7	16.4	13.4	10					13.4	16.4	18.7	20.4	21.1				
32	0.798	16	19.9	19.2	17.6	15.4	12.7	9.4	5.8			5.8	9.4	12.7	15.4	17.6	19.2	19.9			



续表

序号	绕组系数	每极槽数	每极绕组分布																		
			槽号																		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
33	0.963	16	20.8	40.8	38.4												38.4	40.8	20.8		
34	0.929	16	15.5	30.3	28.5	25.7										25.7	28.5	30.3	15.5		
35	0.889	16	12.7	24.9	23.4	21.1	17.9								17.9	21.1	23.4	24.9	12.7		
36	0.848	16	11.1	21.8	20.5	18.5	15.7	12.4					12.4	15.7	18.5	20.5	21.8	11.1			
37	0.812	16	10.3	20	18.9	17.2	14.4	11.3	7.9				7.9	11.3	14.4	17.2	18.9	20	10.3		
38	0.927	18	27	26.2	24.6	22.2											22.2	21.6	26.2	27	
39	0.892	18	22.7	22	20.6	18.6	16.1									16.1	18.6	20.6	22	22.7	
40	0.355	18	20.1	19.5	18.2	16.5	14.2	11.5							11.5	14.2	16.5	18.2	19.5	20.1	
41	0.821	18	18.5	17.9	16.8	15.2	13.2	10.6	7.8					7.8	10.6	13.2	15.2	16.8	17.9	18.5	
42	0.795	18	17.6	17.1	16	14.5	12.5	10.2	7.5	4.6			4.6	7.5	10.2	12.5	14.5	14.5	16	17.1	17.6
43	0.943	18	15.2	29.9	28.6	26.3												26.3	28.6	29.9	15.2
44	0.910	18	12.3	24.3	23.2	21.3	18.9										18.9	21.3	23.2	24.3	12.3
45	0.873	18	10.6	20.9	20	18.4	16.4	13.7								13.7	16.4	18.4	20	20.9	10.6
46	0.837	18	9.6	18.9	18.1	16.7	14.7	12.4	9.6						9.6	12.4	14.7	16.7	18.1	18.9	9.6
47	0.806	18	9.0	17.8	17	15.7	13.8	11.6	9.9	6.1				6.1	9.0	11.6	13.8	15.7	17	17.8	9.0



$$= \sin 30° = 0.5$$

$$\sin(2-6) = \sin\frac{\gamma(2-6)}{2} \times \frac{\pi}{\tau} = \sin\frac{4}{2} \times \frac{180°}{6}$$

$$= \sin 60° = 0.866$$

$$\sin(1-7) = \sin\frac{\gamma(1-7)}{2} \times \frac{\pi}{\tau} = \frac{1}{2}\sin\frac{6}{2} \times \frac{180°}{6}$$

$$= \frac{1}{2}\sin 90° = 0.5$$

$$\Sigma\sin(x-x) = 0.5 + 0.866 + 0.5 = 1.866$$

$$n(3-5) = \frac{0.5}{1.866} \times 100\% = 26.8\%$$

$$n(2-6) = \frac{0.866}{1.866} \times 100\% = 46.4\%$$

$$n(1-7) = \frac{0.5}{1.866} \times 100\% = 26.8\%$$

在极距 $\tau = 6$ 槽的单相电动机中，则采用图 5-21 的单双层混合布置较为适合。单相电动机采用正弦绕组时，每个同心线圈的匝数均可通过上述公式求出，但同时也可以根据表 5-1 所示的常用正弦绕组分布表查出。

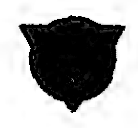
第3节 电动机绕组的连接

单相电动机的各类绕组都是由若干个线圈构成。这些线圈根据不同的分布规律嵌入铁心的各槽中，然后再按规定的接法连接起来。现将单相电动机绕组的常见接法分述如下：

一、显极与庶极接法

单相电动机绕组的极相组之间，其连接方法分为显极接法和庶极接法两类。显极接法时，电动机绕组的极相组数等于极数 $2p$，庶极接法时，电动机绕组的极相组数等于极对数 p。如图 5-22 所示，即为单相电动机绕组采用显、庶极的接法的示意图。

1. 显极接法



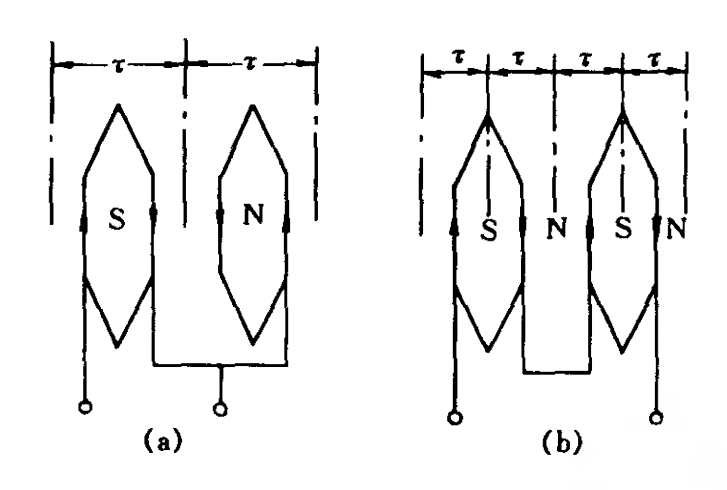


图 5-22　单相绕组显、庶极两种接法示意图
(a) 显极接法；(b) 庶极接法

这种接法在定子铁心内所产生的磁极数很明显地等于相绕组所包含的极相组数（也即等于电动机极数 $2p$）。就是说，每相绕组内各极相组产生 N 极与 S 极交替的磁场极性。这种接法习惯称为“头与头相接、尾与尾相连”的接法。图 5-23 所示为 4 极 16 槽单层叠绕组采用显极接法时的绕组展开图。

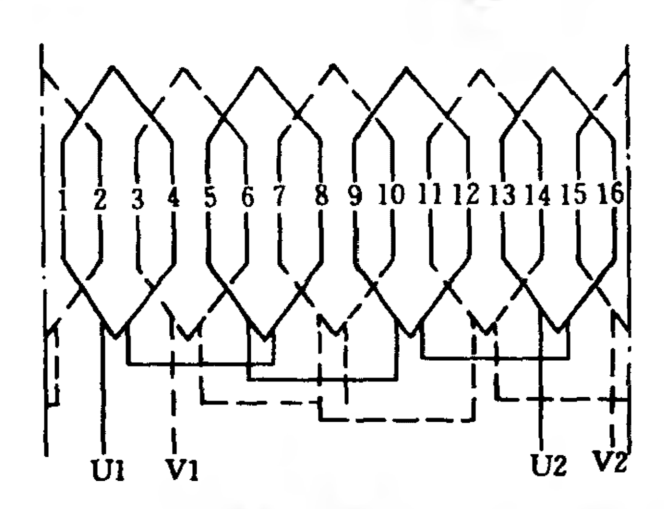
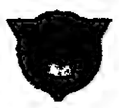


图 5-23　4 极 16 槽单层叠绕组显极接法展开图

2. 庶极接法

如图 5-22（b）所示，将极相组间线端按头、尾端串接起来，使它们所产生的磁极均为同极性磁极，这种连接方法称为庶极接法。此时，同一相内各极相组的电流方向都是相同的，由于电流方向相同，根据右手定则可知，将使同一相绕组中各极相组在定



子铁心内产生相同的磁极极性。然而，磁极总是要构成自己的回路的，仅有单一的同极性磁极是不可能共存于定子铁心中，这时在两个相同极性磁极的中间强制出现与它们极性相反的磁极，从而构成磁场的通路。图 5-24 所示即为 4 极 12 槽单层叠绕组的庶极接法展开图。这时，定子铁心内产生的磁极数为极相组数的一倍。从图中可以看出，它虽然有两个极相组，但却具有 4 极。这种连接也就是习惯上称为“头与尾相接、尾与头相连”的庶极接法。由于采用庶极接法的绕组电气性能较差，现已较少使用而仅与显极接法混合应用于变极调速的电动机绕组接法中，或在单层同心式绕组内偶有采用。

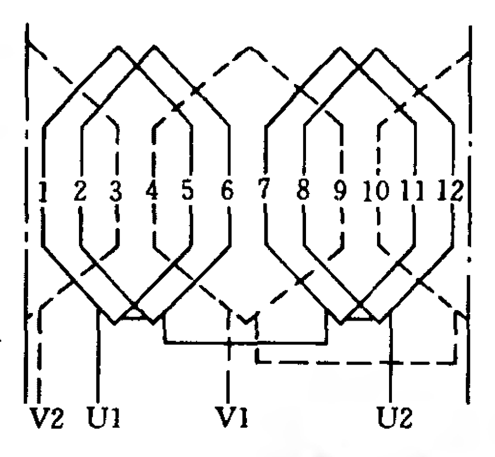


图 5-24　4 极 12 槽单层叠绕组庶极接法展开图

二、单层叠绕组的接法

单层叠绕组的连接方法随其嵌线方式的不同而分为三种，现以一台 4 极 24 槽分相电动机为例来说明这几种接法。

1. 全节距绕组的接法

这种接法是在电动机绕组节距为 $y = 24 \div 4 = 6$ 槽（为偶数）时的接法。采用显极接法，其绕组接线展开图即如图 5-25 所示。从图中可以看出，主绕组共有 8 个线圈而被分成 4 个极相组，每极相组由 2 个线圈串联组成。它们被分布在定子铁心 2/3 的槽中

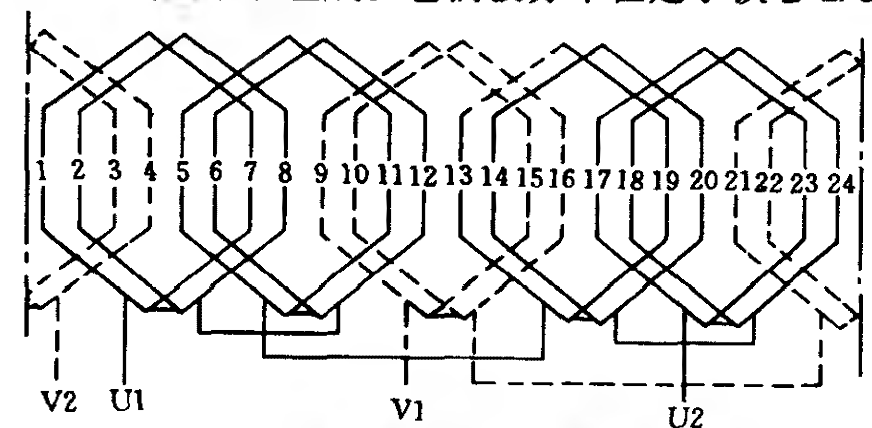
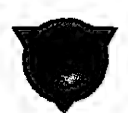


图 5-25　4 极 24 槽全节距单层叠绕组展开图



（即 16 槽），极相组间是按照“头与头相接、尾与尾相连”的显极接法连接的，以产生一个 4 极磁场。

其辅助绕组也共有 4 个线圈并被分成 2 个极相组，每极相组由 2 个线圈组成并被分布在定子铁心 1/3 的槽内。这时，其极相组间是按照“头与尾相接、尾与头相连”的庶极接法进行连接的。因庶极接法所产生的磁极数为绕组极相组数的 2 倍，所以辅助绕组的这 2 个极相组仍将产生一个 4 极磁场。

2. 短节距绕组的接法

即电动机绕组为短节距时的接法。今仍以上述 4 极 24 槽电动机绕组为例，取节距 $y=5$ 槽（为奇数），也采用显极接法，图 5-26 所示即为绕组接线展开图。从图中可以看出其主绕组为 8 个线圈，被分成 4 个极相组，而每极相组由 2 个线圈组成，它们被分布在定子铁心 2/3 的槽中。不同的是由于采用短节距线圈就只能按嵌 1 个线圈后空隔 1 槽，然后再嵌 1 个线圈后又空隔 1 槽，这样交替嵌放的方式来布置整个绕组，否则将无法安放绕组的全部线圈。这时，主绕组各极相组是由 2 个隔开 1 槽的相邻线圈串接而成。其极相组间依旧是按照“头与头相接、尾与尾相连”的显极接法进行连接，从而产生 1 个 4 极磁场。

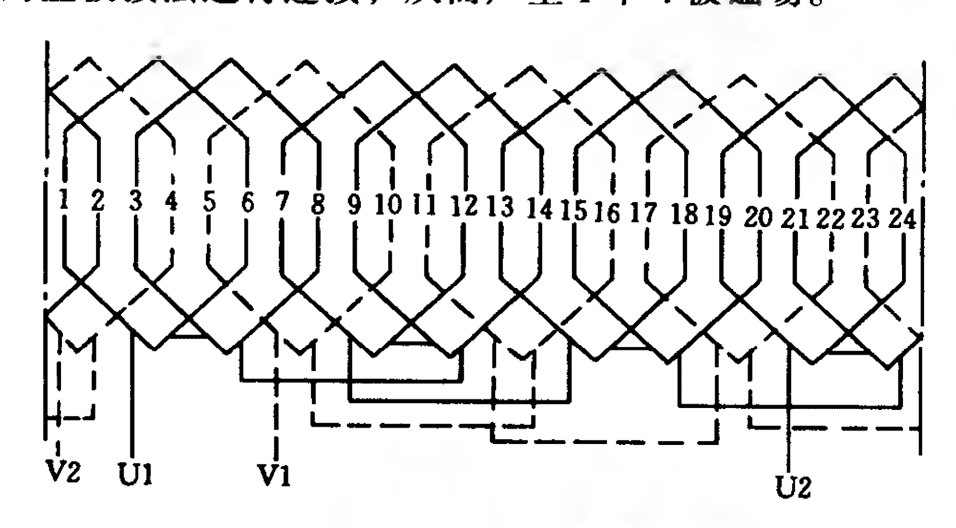


图 5-26　4 极 24 槽短节距单层叠绕组展开图

辅助绕组也有 4 个线圈，每极相组由 1 个线圈组成，它们分布在定子铁心 1/3 的槽内。这时，各极相组间同样仍按显极接法

进行连接。

3. 分离式绕组的接法

这类绕组都采用全节距，图 5-27 所示为其绕组接线展开图。从图中可以看出主、辅绕组都只有 2 个极相组，全部绕组被明显地布置成可分离的两部分。主、辅绕组的极相组间连接都为“头与尾相接、尾与头相连”的庶极接法。

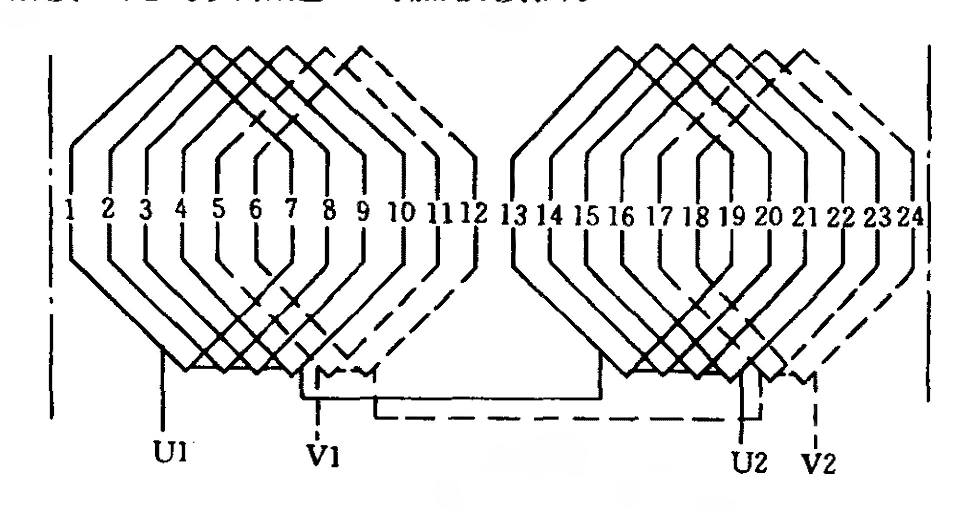


图 5-27 4 极分离式叠绕组展开图

三、单层同心式绕组的接法

单层同心式绕组的接法分为两种，一种采用显极接法而另一种为庶极接法。现仍以一台 4 极 24 槽分相电动机为例说明这两种接法。

1. 同心式绕组的显极接法

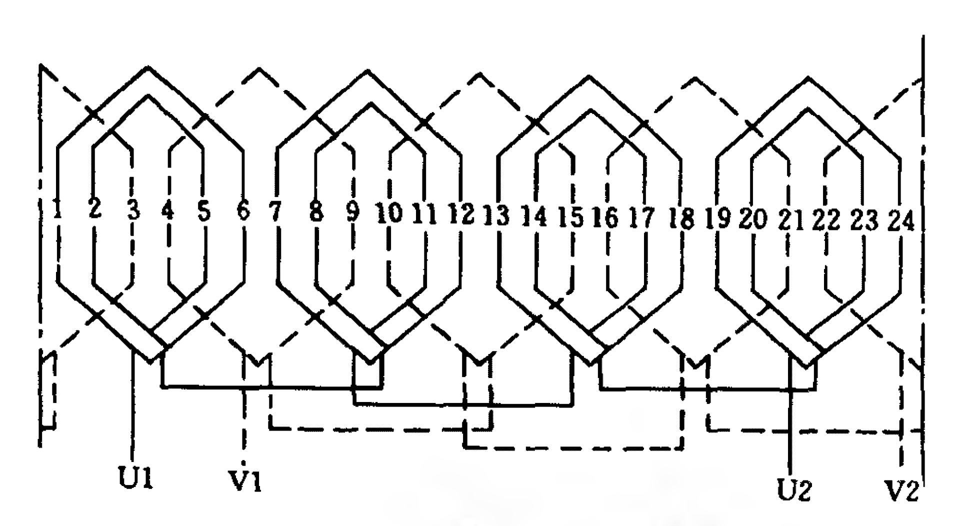
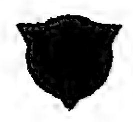


图 5-28 同心式绕组显极接法展开图



如图 5-28 所示为该绕组接线展开图。从图中可以看出其主绕组被分为 4 个极相组，每极相组包含 2 个线圈。辅助绕组也分为 4 个极相组但每个极相组只有 1 个线圈。这样主绕组正好占定子铁心总槽数的 2/3，辅助绕组则占定子总槽数的 1/3。

2. 同心式绕组的庶极接法

如图 5-29 所示为其绕组接线展开图。从图中我们可以看出其主绕组被分为两个极相组，每极相组包含 4 个线圈。辅助绕组也分为两个极相组，每极相组则只有 2 个线圈。这样主绕组仍然占定子铁心总槽数的 2/3，辅助绕组则占定子铁心总槽数的 1/3。

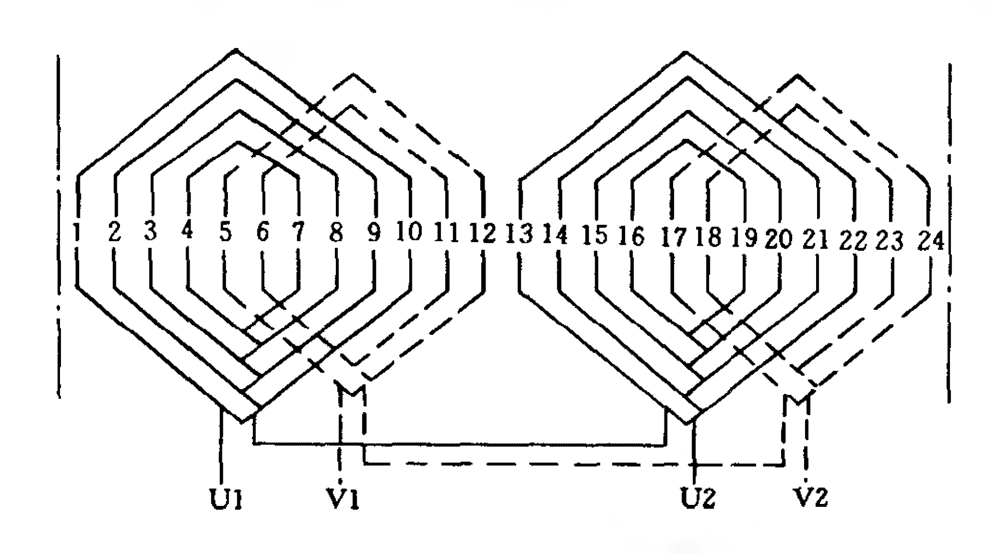


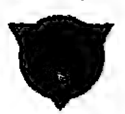
图 5-29　同心式绕组庶极接法展开图

由于显极接法的同心式绕组比庶极接法同心式绕组的端部大为缩短，因而具有用铜省、铜耗小和电气性能得到改善等许多优点，所以在单相电动机定子绕组中得到日益广泛地应用。

四、单层交叉式绕组的接法

如图 5-30 所示为单层交叉式绕组的接法，从图中可以看出主、辅绕组都是按照 2 个线圈的极相组和 1 个线圈的极相组交叉分布的。其极相组间的连接都是采用“头与头相接、尾与尾相连”的显极接法，主、辅绕组则各占定子铁心总槽数的 1/2。

单层交叉式绕组的端部较短，因而用铜少、铜损小、电气性能较好，在单相电动机各类绕组中日益受到重视。



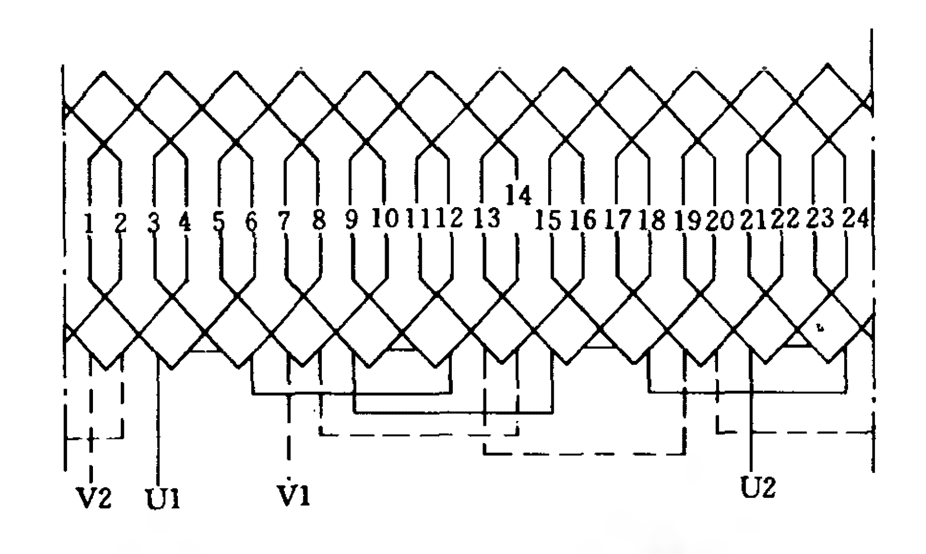


图 5-30　单层交叉式绕组接法展开图

五、双层叠绕组的接法

单相电动机也可以采用双层叠绕组，如图 5-31 所示。双层叠绕组的最大优势是可以通过采用缩短节距的短距绕组，来有效地消除电动机主、辅绕组中存在的三次谐波和高次谐波，以及削弱磁场中的高次谐波，并减小绕组端接部分的漏抗。因此，双层叠绕组往往比单层叠绕组具有较大的起动转矩和较高的满载功率因数。从图中可以看出，定子铁心各槽中都嵌放有上、下层线圈元件边。主绕组共有 16 个线圈，被分成 4 个极相组，每极相组由 4 个线圈串联组成，它们被均匀地分布在定子铁心 2/3 的槽中。其极相组间的连接采用显极接法，用以产生 1 个 4 极磁场。辅助绕组共有 8 个线圈，被分成 4 个极相组，每极相组由 2 个线

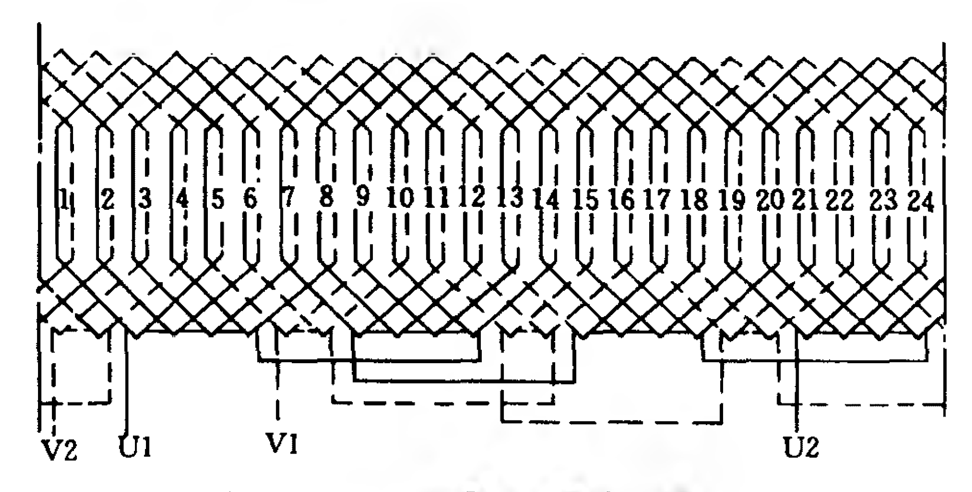
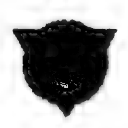


图 5-31　4 极 24 槽双层叠绕组展开图



圈组成，它们分布在定子铁心1/3的槽内。其极相组间的连接也采用显极接法，以产生与主绕组相同的4极磁场。

由于单相电动机的容量都比较小因而铁心尺寸也很小，采用双层叠绕组嵌线将较为困难，所以双层叠绕组在单相电动机绕组中的使用已日渐减少。

六、正弦绕组的接法

正弦绕组的线圈形状和绕组布置都与单层同心式绕组极其相似。因此，从绕组布置和连接的特点来说，正弦绕组也可以是单层同心式绕组的一种。根据电动机主、辅绕组所占槽数比例的不同，正弦绕组有着多种类型的布置和接法，现作简要介绍。

1. 2:2正弦绕组接法

图5-32所示为2极18槽2:2正弦绕组接线展开图。从图中可以看出，其主绕组共有4个线圈，被分成2个极相组，每极相组由2个线圈串联而成。它们嵌置在定子铁心的8个槽中，极相组间按照显极接法连接，以产生1个2极磁场。辅助绕组同为4个线圈，也分成2个极相组，每个极相组包含2个线圈。它们也布置在定子铁心的8个槽中，极相组间的连接同为显极接法，以产生1个2极磁场。铁心中的槽3和槽12则空置不嵌线圈。

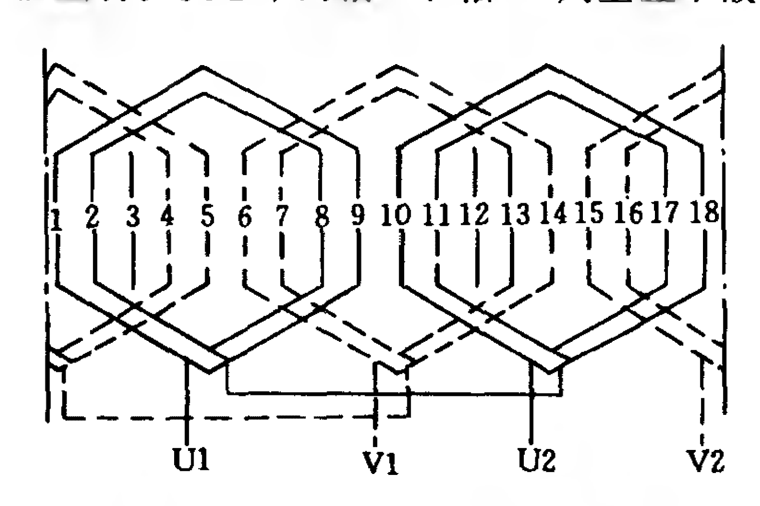
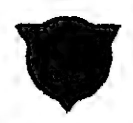


图5-32　2:2正弦绕组接线展开图

2. 3:3正弦绕组接法

图5-33所示为2极12槽正弦绕组接线展开图，从圈中可以



看出该绕组为双层同心式。其主绕组共有 6 个线圈，被分成 2 个极相组，每极相组由 3 个线圈串联而成。它们均匀分布在定子铁心的所有槽中，并占据槽内的 1 层。极相组间的连接采用显极接法，以产生 1 个 2 极磁场。辅助绕组也具有 6 个线圈，同样被分成 2 个极相组，每极相组由 3 个线圈串联而成。它们也分布在定子铁心的所有槽中，并占据槽内另一层。极相组间的连接也采用显极接法，用以产生 1 个 2 极磁场。

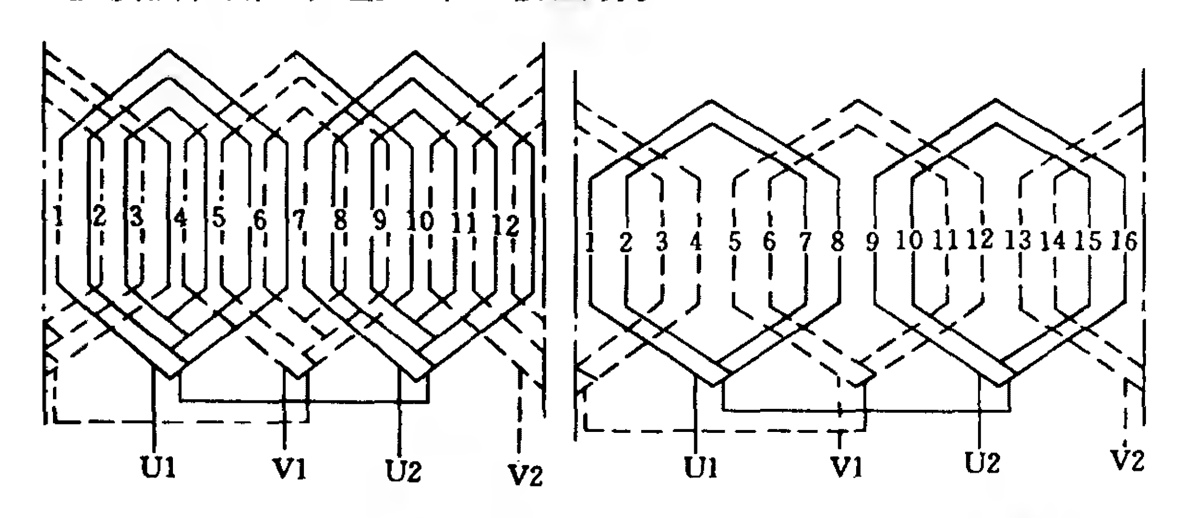


图 5-33　3:3 正弦绕组接线展开图　　图 5-34　4:4 正弦绕组接线展开图

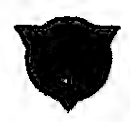
3. 4:4 正弦绕组接法

图 5-34 所示为 2 极 16 槽正弦绕组接线展开图。从图中可以看出，其主绕组共有 4 个线圈，被分成 2 个极相组，每极相组则由 2 个线圈串接而成。它们分布在定子铁心的 1/2 槽中，极相组间的连接采用显极接法。辅助绕组也为 4 个线圈，被分成 2 个极相组，每极相组由 2 个线圈串接而成。它们也分布在定子铁心另一个 1/2 槽内，其极相组间的连接也采用显极接法。

4. 5:5 正弦绕组接法

图 5-35 所示为 2 极 24 槽正弦绕组接线展开图。从图中可以看出，该绕组为单、双层混合形式。即在定子铁心 2/3 的槽中嵌置的是双层绕组，1/3 的槽中嵌置的是单层绕组。其主、辅两套绕组的极相组间连接都采用显极接法。

5. 6:4 正弦绕组接法



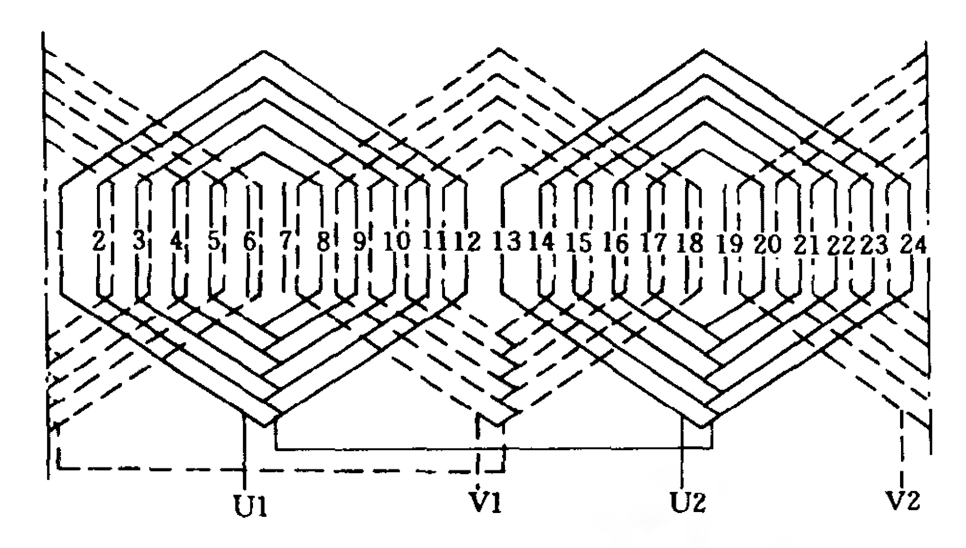


图 5-35　5:5 正弦绕组接线展开图

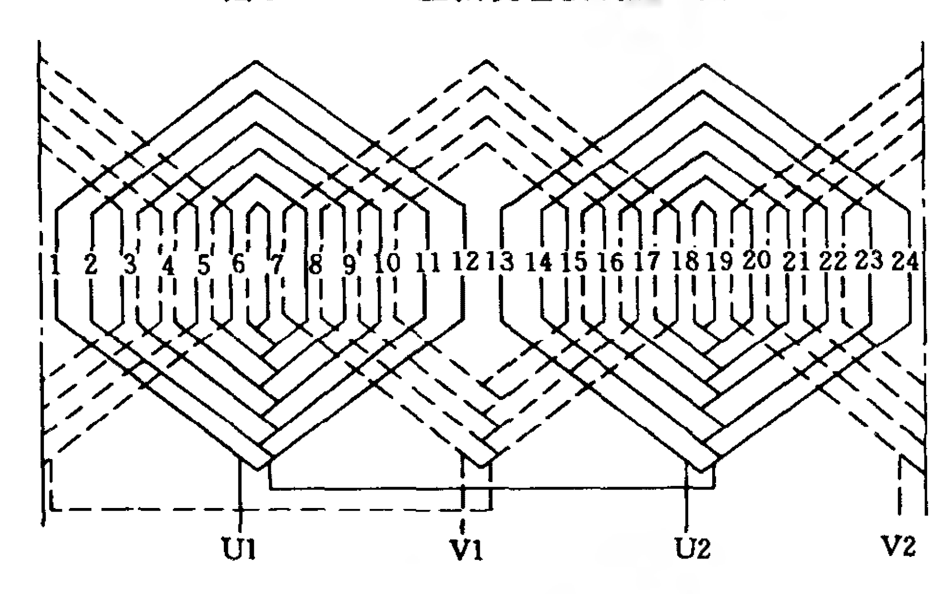


图 5-36　6:4 正弦绕组接线展开图

图 5-36 所示为 2 极 24 槽正弦绕组接线展开图。从图中可以看出，该绕组为单、双层混合形式。即在定子铁心 2/3 槽中嵌置的是双层绕组，在 1/3 槽中嵌置的是单层绕组，其主、辅绕组的极相组间连接都采用显极接法。

6. 6:6 正弦绕组接法

图 5-37 所示为 2 极 24 槽正弦绕组接线展开图。从图中可以看出，该绕组为双层同心式，其主、辅绕组的各极相组间连接都采用显极接法。

7. 2:2 分离式正弦绕组接法



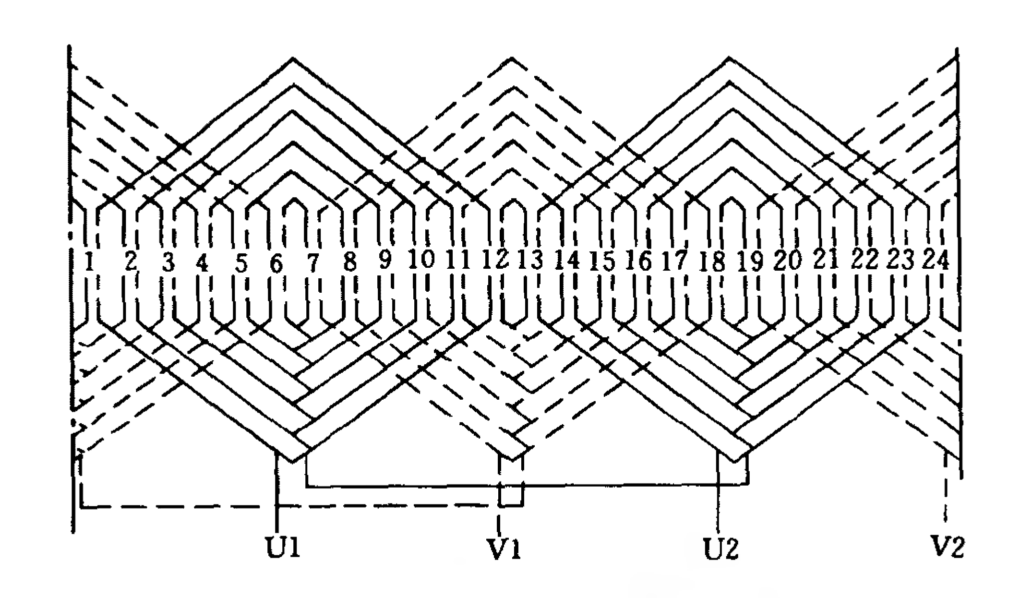


图 5-37 6:6 正弦绕组接线展开图

图 5-38 所示为 4 极 12 槽分离式正弦绕组接线展开图。从图中可以看出，其主、辅绕组被均分成 4 个极相组，每极相组内则包含 2 ~ 1 个线圈。主、辅绕组极相组间的连接均采用显极接法。

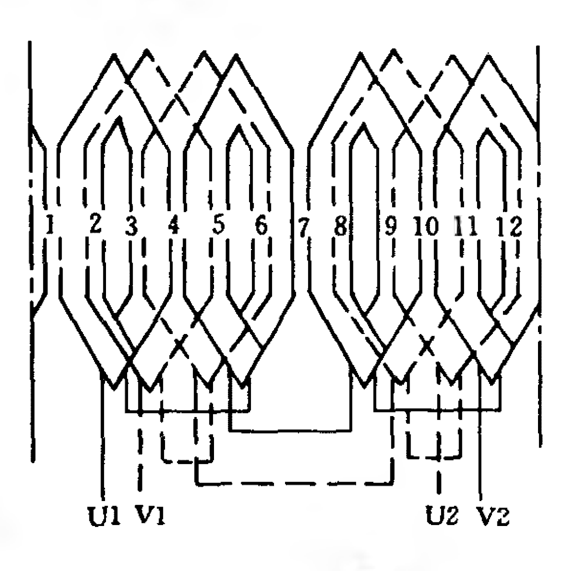


图 5-38 2:2 分离式绕组接线展开图

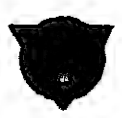
8. 2:2 正弦绕组接法 (1)

图 5-39 所示为 4 极 16 槽正弦绕组接线展开图。从图中可以看出，绕组为单层链形绕组。主、辅绕组均被分为 4 个极相组，每极相组则包含 1 个线圈。其主、辅绕组各极相组间的连接均采用显极接法。

9. 2:2 正弦绕组接法 (2)

图 5-40 所示为 4 极 16 槽正弦绕组接线展开图。从图中我们可以看出该绕组为双层同心式，主、辅绕组均具有 4 个极相组每极相组包含 2 个线圈。其主、辅绕组各极相组间的连接均采用显极接法。

10. 3:2 正弦绕组接法



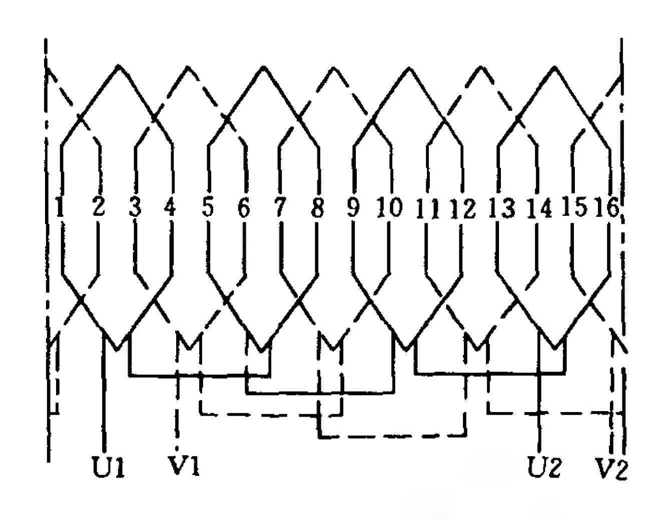


图 5-39　2:2 正弦绕组接线展开图（1）

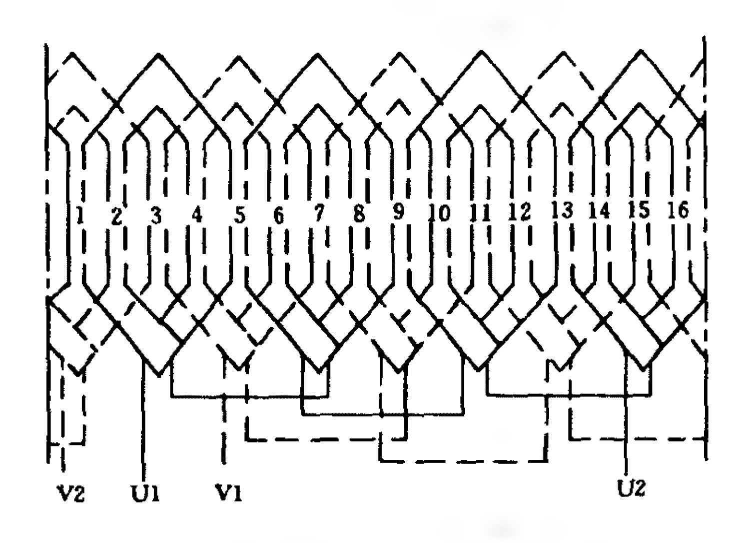


图 5-40　2:2 正弦绕组接线展开图（2）

图 5-41 所示为 4 极 24 槽正弦绕组接线展开图。从图中可以

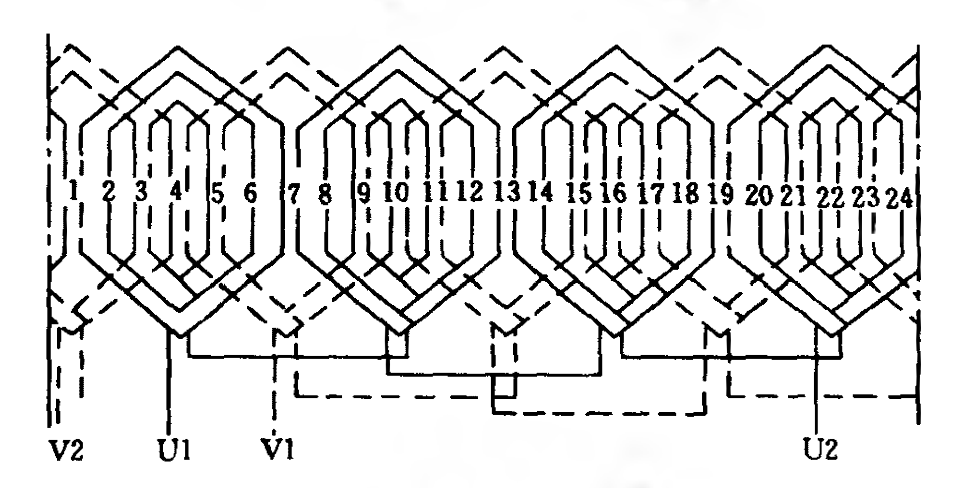
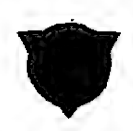


图 5-41　3:2 正弦绕组接线展开图



看出，该绕组为单、双层混合式绕组，主绕组共有 12 个线圈，并被分成 4 个极相组，每极相组由 3 个线圈串联而成。它们被均匀分布在定子铁心所有各槽中，其极相组间按照显极接法进行连接，以建立一个 4 极磁场。辅助绕组共有 8 个线圈，被分成 4 个极相组，每极相组由 2 个线圈串接而成，其极相组间的连接均采用显极接法。

11. 3:3 正弦绕组接法

图 5-42 所示为 4 极 24 槽正弦绕组接线展开图。从图中可以看出该绕组为双层同心式，它的主绕组共有 12 个线圈，被分成 4 个极相组，每极相组由 3 个线圈串联组成。它们被均匀分布在铁心全部槽中的一层，其极相组间的连接均采用显极接法。

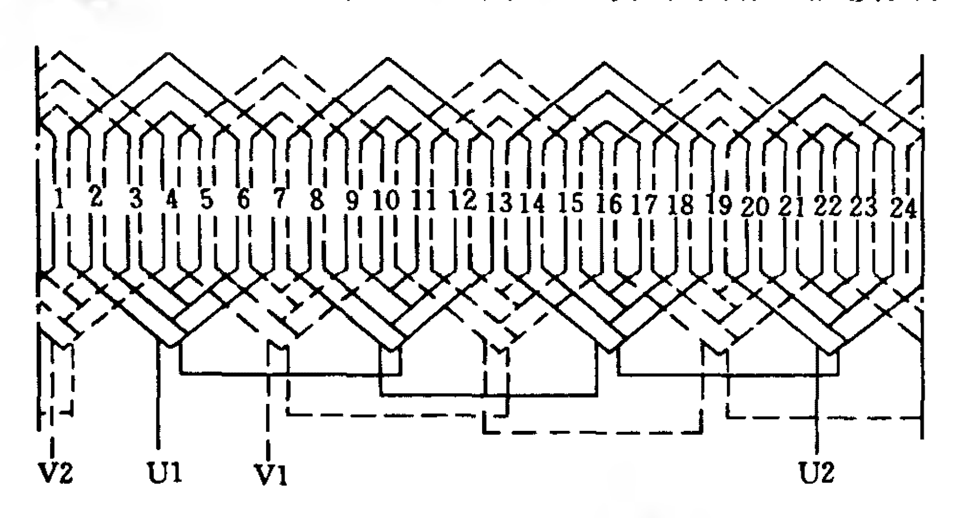


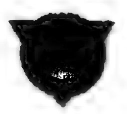
图 5-42　3:3 正弦绕组接线展开图

12. 4:3 正弦绕组的接法

图 5-43 所示为 4 极 36 槽正弦绕组接线展开图。从图中可以看出该绕组为单、双层混合形式，主绕组共有 16 个线圈，被分成 4 个极相组，每极相组由 4 个线圈串联而成。它们被均匀分布在定子铁心各槽中，其极相组间的连接采用显极接法。辅助绕组共有 12 个线圈也分成 4 个极相组，每极相组由 3 个线圈串联组成，其极相组间的连接则仍采用显极接法。

13. 4:2 正弦绕组接法

图 5-44 所示为 4 极 36 槽正弦绕组接线展开图。从图中可以



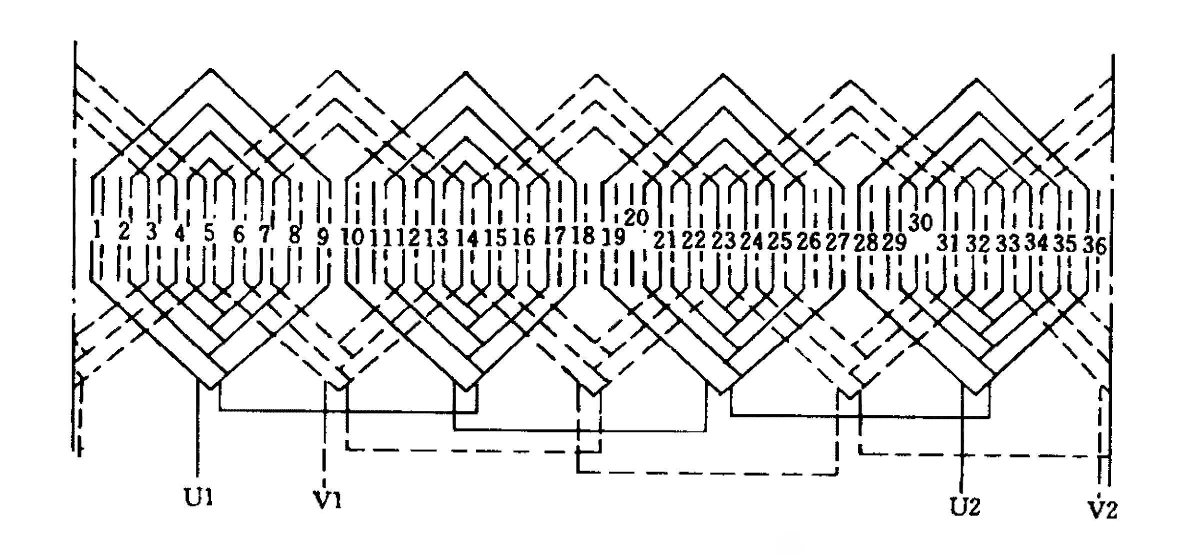


图 5-43　4:3 正弦绕组接线展开图

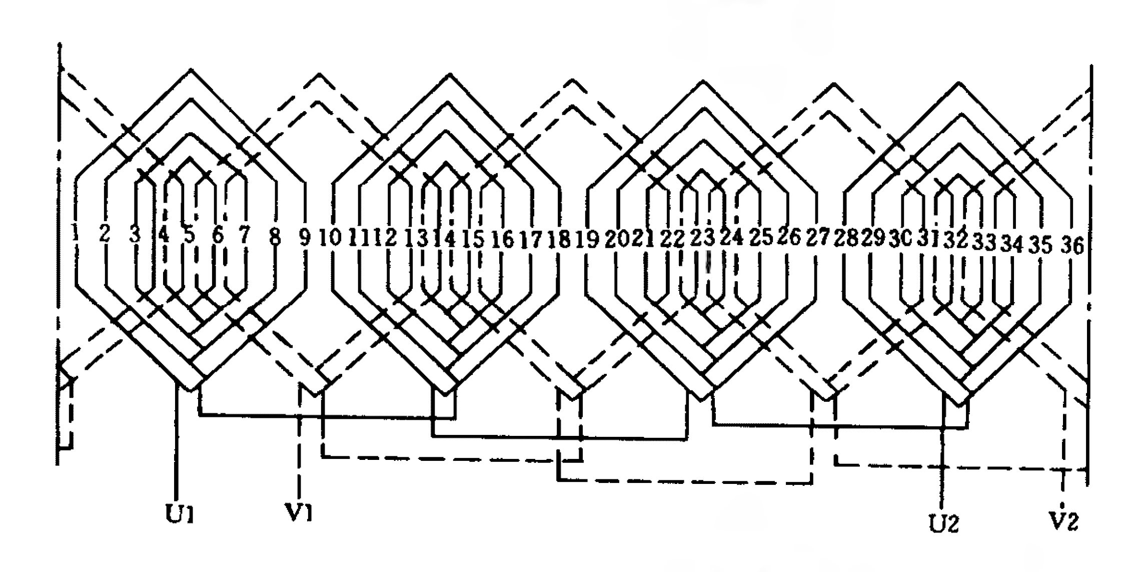


图 5-44　4:2 正弦绕组接线展开图

看出该绕组为单、双层混合形式，其主绕组有 16 个线圈，被分成 4 个极相组。每极相组则由 4 个线圈串联而成，极相组间的连接采用显极接法。辅助绕组共有 8 个线圈，被分成 4 个极相组，每极相组由 2 个线圈串联组成，其极相组间的连接仍采用的是显极接法。

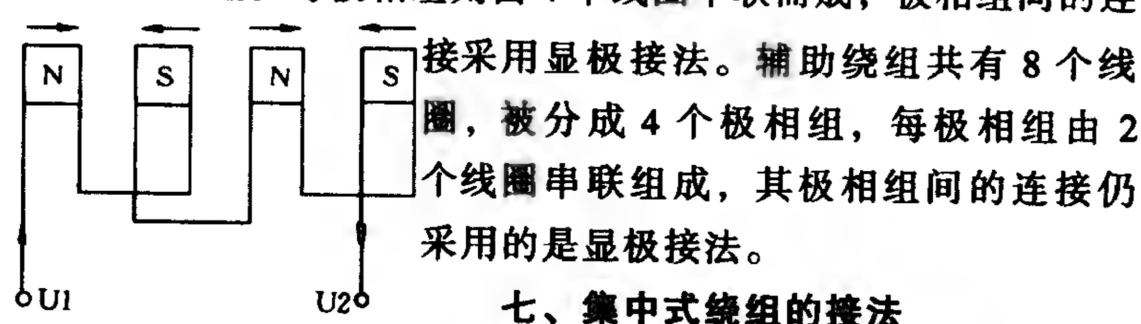
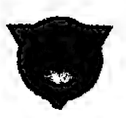


图 5-45　4 极集中式绕组接线展开图

七、集中式绕组的接法

集中式绕组主要用在罩极式单相电动机定子绕组的凸极磁极线圈上。它的



一半线圈内通过正向电流而另一半通过反向电流，以产生 N、S、N、S 极性交替变化的磁极。图 5-45 所示为 4 极集中式绕组的接线展开图，其磁极线圈间的连接采用“头与头相接、尾与尾相连”的显极接法。

第 4 节　家用电器单相电动机绕组的接法

家用电器所用的单相电动机，以单相电容分相式电动机的应用最为普遍。其主、辅绕组多采用正弦绕组和单层链式绕组，现简述它们常用的一些绕组及其接法。

一、电风扇电动机的绕组及其连接

电风扇所用的电动机主要是单相电容分相式和罩极式电动机。台扇和落地扇所用电动机的结构都为普通的内转子式，其定子铁心多为 8 槽和 16 槽，极数多为 4 极，转速为 1460r/min。吊扇所用单相电动机的结构为外转子式，定子铁心槽数多为 36 槽，极数为 18 极。

电风扇单相电动机的定子绕组多采用单层链式绕组，绕组的连接基本上采用显极接法。

1. 台扇、落地扇电动机绕组接法

图 5-46 所示为 4 极 8 槽电扇电动机定子绕组接线展开图。从图中可以看出，其主、辅绕组各有 4 个线圈，都被分成 4 个极相组，每极相组包含 1 个线圈。其主、辅绕组各极相组的连接都采用显极接法，绕组采用双层叠绕组其节距 $y_1 = 2$。

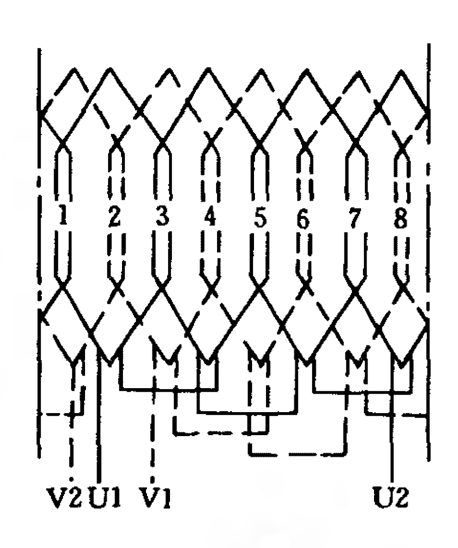
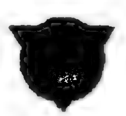


图 5-46　4 极 8 槽电动机绕组接线展开图

图 5-47 所示为 4 极 16 槽电动机定子绕组接线展开图。从图中可以看出，其主绕组和辅助绕组各有 4 个线圈，都被分成 4 个极相组每极相组含 1 个线



圈。其主、辅绕组极相组间的连接均采用显极接法，绕组则为单层链式其节距 $y_1 = 3$。

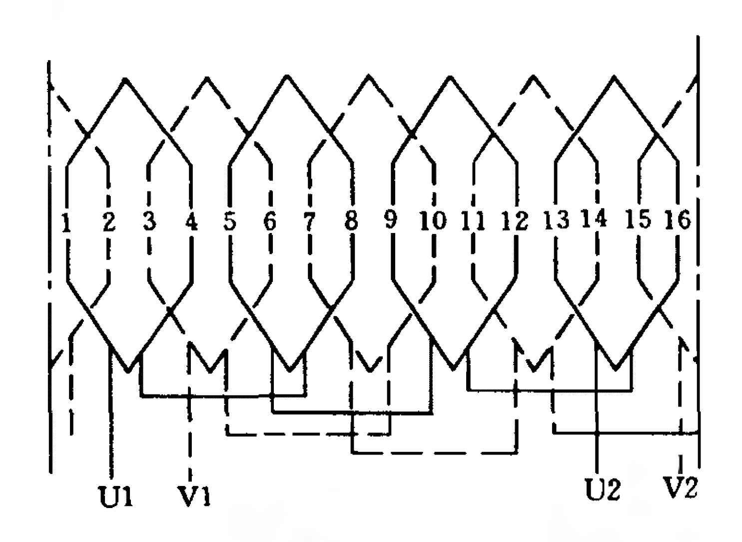


图 5-47 4 极 16 槽电动机绕组接线展开图

台扇、落地扇用单相电动机技术数据如表 5-2 所示，吊扇用单相电动机技术数据如表 5-3 所示。

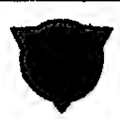
表 5-2 台扇、落地扇用电动机技术数据表

规格 (mm)	电压 (V)	频率 (Hz)	叠厚 (mm)	铁心槽数	电容 μF (耐压值) (V)	主绕组		副绕组	
						线径	匝数	线径	匝数
400	200/220	50	32	8	1.35 (400)	φ0.25	475×4	φ0.19	790×4
400	220	50	28	16	1.2 (400)	φ0.21	700×4	φ0.17	980×4
350	220	50	32	8	1.2 (400)	φ0.23	560×4	φ0.19	790×4
300	220	50	20	16	1.2 (400)	φ0.18	880×4	φ0.18	880×4
300	200/220	50	26	8	1 (500)	φ0.21	650×4	φ0.17	900×4

规格(mm)	电压(V)	频率(Hz)	叠厚(mm)	铁心槽数	电容 μF(耐压值)(V)	主绕组		副绕组	
						线径	匝数	线径	匝数
250	110	50	20	8	2.5(250)	ϕ0.25	455×4	ϕ0.19	710×4
250	190/200	50	20	8	1.2(400)	ϕ0.19	825×4	ϕ0.19	710×4
250	220	50	20	8	1(600)	ϕ0.17	935×4	ϕ0.17	980×4
250	220	50	20	8	1(500)	ϕ0.17	935×4	ϕ0.15	1020×4
200(230)	200/220	50	28	8	1(500)	ϕ0.17	840×4	ϕ0.15	1020×4
200	190~230	50	22	8	1(500)	ϕ0.15	960×4	ϕ0.15	1160×4

表 5-3　　吊扇用单相电动机技术数据表

规格(mm)	电压值(V)	电源频率(Hz)	铁心叠厚(mm)	内定子铁心槽数	电容(μF)(耐压 V)	主绕组		副绕组	
						线径(mm)	匝数	线径(mm)	匝数
900	220	50	23	36	1.2(400V)	ϕ0.27	295×18	ϕ0.23	400×18
1050	220	50	23	36	1.2(400V)	ϕ0.27	295×18	ϕ0.23	400×18
1200	220	50	28	36	1.5(400V)	ϕ0.29	240×18	ϕ0.27	300×18
1400	220	50	28	36	2.4(400V)	ϕ0.29	240×18	ϕ0.27	300×18



2. 窗式空调器用电动机绕组的接法

窗式空调器都配置有压缩机电动机和风扇电动机各1台。为了适应空调器工作环境的需要，压缩机与电动机被设计成一个全封闭的整体。一般对压缩机电动机的技术要求非常高，通常它应能满足以下特殊要求。

1）耐腐蚀、耐振动、耐冲击和耐热性能要好。其绝缘材料一般均选用F级，因而它能长期在120℃的环境下正常工作。

2）要求起动转矩大、起动性能好。因为制冷系统的冷凝压力随外界工作状态而变化，所以要求压缩机电动机在较高负荷下也能起动，并能在额定电压±10%的范围内正常起动。

3）要求效率和功率因数都高。一般要求效率在80%以上，功率因数接近1。并且电动机应能在过负荷条件下运行。

压缩机电动机通常采用电容运转式电动机或电容起动运转式电动机。极数多为2极电动机，其转速为2880r/min左右，功率有0.75、1.1、1.5、2.2kW等几种。表5-4所示即为一种压缩机电动机的主要技术数据。

表5-4　压缩机电动机主要技术数据

额定电压 (V)	频率 (Hz)	起动电流 (A)	额定电流 (A)	消耗功率 (W)	转速 (r/min)	电容 (μF)
200～220	50	>25	5	1030	2860	15

压缩机电动机的定子铁心槽中嵌有主绕组和辅绕组，这两套互差90°电气角度的绕组。图5-48所示为2极24槽压缩机电动机的绕组接线图。从图中可以看出，该绕组为单、双层混合式绕组，主绕组共有10个线圈，被分成两个极相组。每极相组则由5个线圈串联而成，各极相组间的连接采用显极接法。辅助绕组有8个线圈也分成两个极相组，每极相组由4个线圈串联组成，极相组间的连接也采用的是显极接法。窗式空调器的风扇电动机用来拖动离心风扇和轴流风扇。风扇电动机多为单相电容运转电动机，一般为4极或6极，常用的规格有0.18、0.25、0.3、

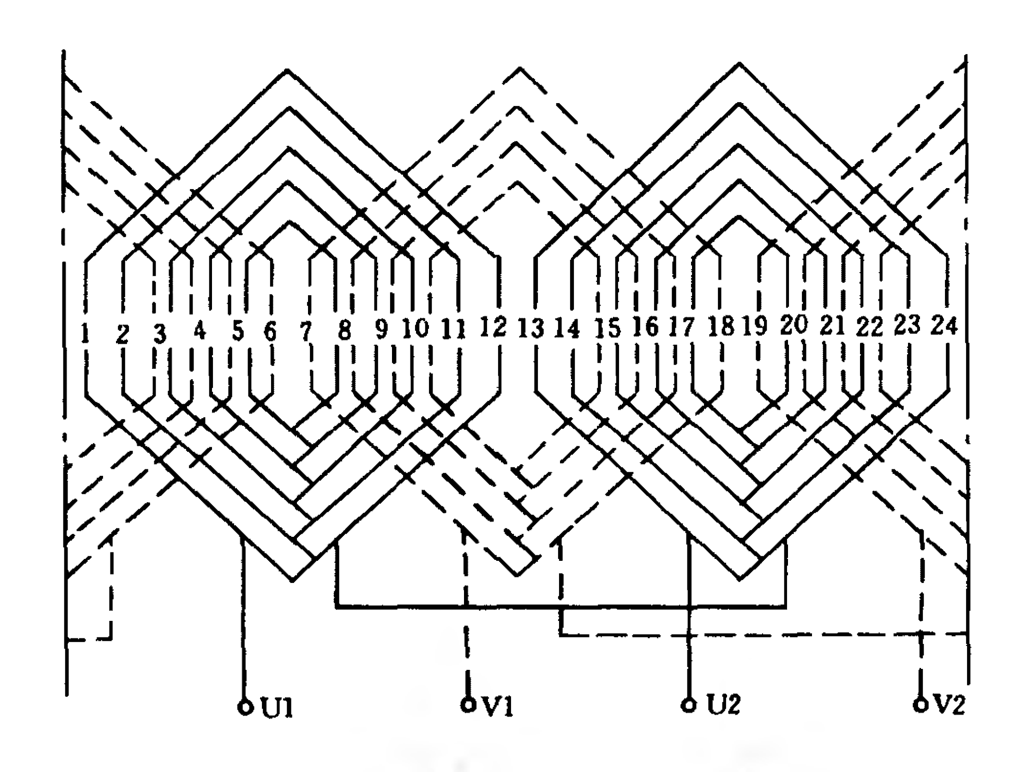


图 5-48　2 极 24 槽压缩机电动机绕组展开图

0.37kW 等几种。

二、洗衣机用电动机绕组的接法

洗衣机用电动机多为单相电容运转式电动机。图 5-49 所示为 4 极 24 槽洗衣机用电动机绕组接线展开图。从图中可以看出，该绕组为单、双层混合式绕组。其主绕组共有 8 个线圈，被分成 4 个极相组，每极相组则由 2 个线圈串联而成，其极相组间的连接也采用显极接法。辅助绕组也有 8 个线圈，并被分成 4 个极相

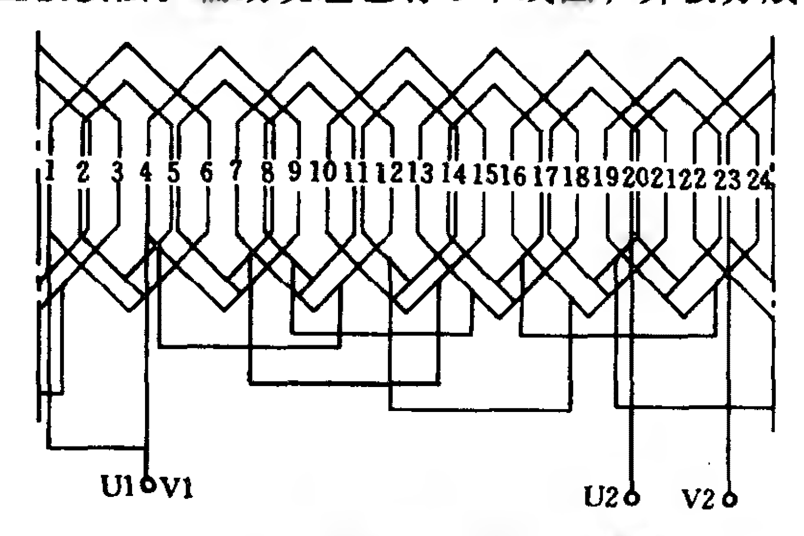
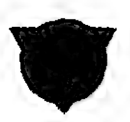


图 5-49　洗衣机用电动机绕组接线展开图



组，每极相组同样由 2 个线圈串接而成，其极相组间的连接也采用显极接法。

由于洗衣机频繁正反转工作特性的要求，其电动机的主、辅绕组在线圈的线径、匝数、分布和接法上都完全相同。

三、电冰箱压缩机电动机绕组的接法

图 5-50 所示为 4 极 32 槽电冰箱压缩机电动机绕组的接线展开图。从图中看出，该绕组为单、双层混合式绕组，其主绕组共有 16 个线圈，并被均分为 4 个极相组。每极相组由 4 个线圈串接而成，其极相组间的连接采用显极接法。辅助绕组有 12 个线圈，被分成 4 个极相组，每极相组由 3 个线圈串联组成，其极相组间的连接同样采用显极接法。

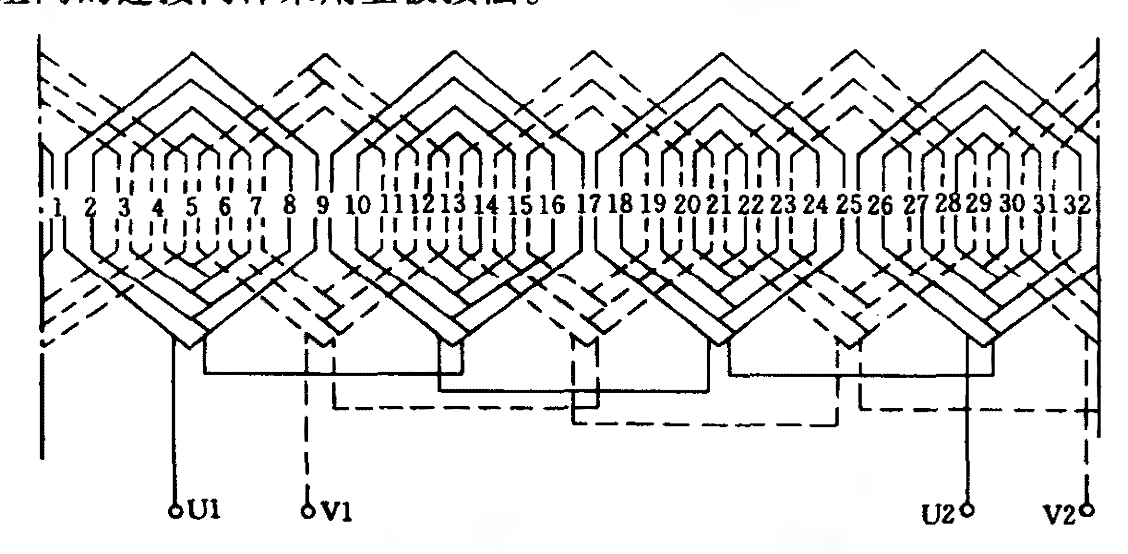


图 5-50 电冰箱压缩机电动机绕组接线展开图

第 5 节 三相异步电动机单相运行的接法

在某些只有单相电源的地方，可以将小功率三相异步电动机的接线方式加以改变后，作为单相电动机使用。当三相异步电动机作单相运行时，因电动机本身并不具有起动转矩，因而需要采取适当的措施来使电动机定子形成一个旋转磁场，继而使电动机产生起动转矩。与此同时还应尽可能提高电动机功率的利用率，并使电动机有较好的工作特性和较高的功率因数。



从以前单相电动机的工作原理中可知，在空间互差90°电气角度的主、辅两套绕组中通以电流时，它们所产生磁场的轴线在空间上也互差90°电气角度。如通过这两套绕组的电流在时间上也具有一定的相位差，就能在定子铁心上形成一个两相旋转磁场而产生起动转矩。因此，如将三相异步电动机中的任意两相绕组串接起来作为主绕组，另一相绕组串接适当数值的电容器、电感线圈或电阻作为辅助绕组，然后将主、辅绕组并接到同一单相电源上。此时，它就会和正规单相电动机一样形成一个两相旋转磁场，接着产生起动转矩并使电动机正常起动与运行。实用中三相异步电动机改单相运行有着多种多样的接法，现分别简介如下。

一、电感电容移相接法

电感电容移相接法的实质就是在三相电动机外部经过电感L

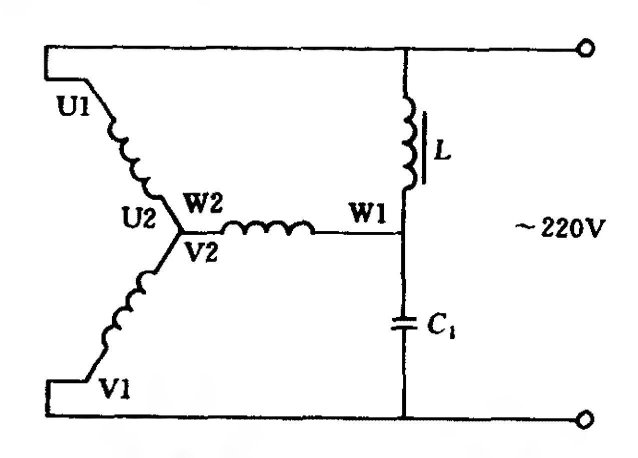


图5-51　电感电容移相Y连接原理接线图

和电容C的移相作用，将单相电源变换成三相对称电源后再加于三相电动机绕组上。因此，这时电动机产生的仍将是一个三相旋转磁场。它的工作原理与三相供电时完全相同，只不过是以220V的单相电源取代了380V的三相电源。图5-51所示即为采用电感电容移

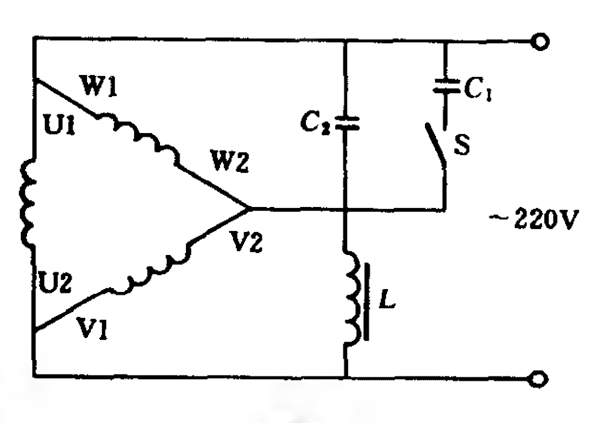
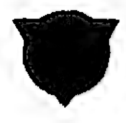


图5-52　电感电容移相△连接原理接线图



相作Y形连接的原理接线图。图5-52所示为采用电感电容移相△形连接的原理接线图。

采用电感电容移相接法时，其最佳电感量 L 和最佳电容量 C_2 可按下式计算：

$$L = \frac{1}{\omega C_p} = \frac{1.5U_e \times 10^3}{S\omega \sin(60° + \varphi)} (\mathrm{mH})$$

$$C_2 = \frac{0.67S \times \sin(60° + \varphi) \times 10^6}{\omega U_e^2} (\mu\mathrm{F})$$

式中 U_e——单相电源电压（V）；

φ——电动机功率因数角；

S——电动机输入端三相视在功率（VA）；

ω——角频率，$\omega = 2\pi f$。

电感电容移相时只要电感值 L 和电容量 C_2 选配得当，就能很好地维持电压的对称并获得220V的三相对称电源，能使电动机在单相运行时得到与三相运行时大约同等的功率输出。电感电容移相接法的缺点是需要额外配置电感器和电容器，因而增加了成本和运行中的维护及修理工作量。

二、电容移相接法

电容移相接法是三相异步电动机单相运行的最简便实用的方法，它不仅适用于定子绕组为Y形连接的三相异步电动机，也适合定子绕组为△形连接的三相异步电动机。由于它在线路中省除了价值较高的电感器，从而使电容移相接法更为经济实用。图5-53所示即为采用电容移相Y形连接的原理接线图，图5-54所示则为采用电容移相△形连接的原理接线图。图中的 C_2 为电动机的工作电容，C_1 为电动机的起动电容，C_1 的作用是为了增大电动机的起动转矩。电动机起动时，起动电容 C_1 和工作电容 C_2 同时并联接入电路。当电动机起动至接近额定转速时，自动开关S将起动电容 C_1 从电路中切除。为减小起动电容 C_1 的电容量则在 C_1 的两端并联了电阻 R。同时，在 C_1 从电源中切除后，使其能迅速地向电阻 R 放电，以便电动机可以进行频繁的再起动。

其工作电容 C_2 的电容量可按以下的经验公式计算：

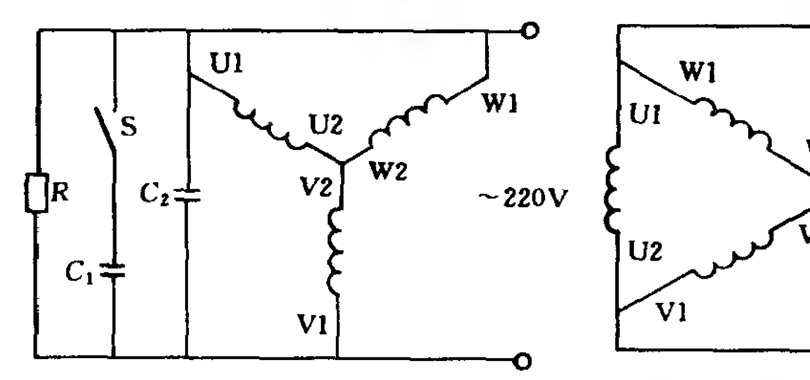


图 5-53 电容移相 Y 连接原理接线图

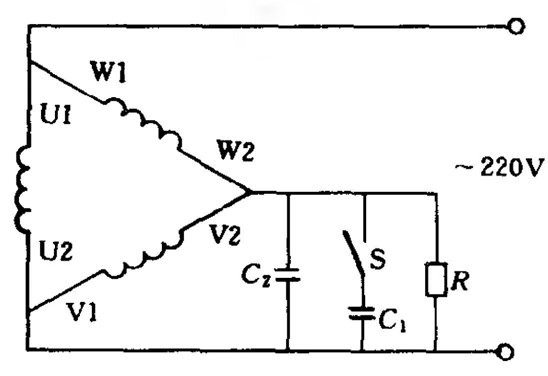


图 5-54 电容移相△连接原理接线图

$$C_2 = \frac{1950 \times I_N}{U_H \cos\varphi}(\mu F)$$

式中 I_N——电动机铭牌上的额定电流（A）；

U_H——电动机铭牌上的额定电压（V）；

$\cos\varphi$——电动机铭牌上的功率因数。

三、拉开Y形连接

拉开 Y 形连接只能用于 380V 的单相电源，这对于某些远离三相电源的边远农村来说是很具实际意义的。例如当农忙季节抗旱、排涝时，将 220V 照明线路中的零线改接在电力变压器的另一相线上，则可得到 380V 电源。图 5-55 所示即为采用拉开 Y 连接的原理接线图。图中已将 V 和 W 两相绕组串接构成主绕组，U 相与电容器 C_2 串接作为辅助绕组。为了提高电动机的起动转矩，在其线路中还并联有一只起动电容器 C_1。当电动机起动后，转速达到接近额定转速时，自动开关 S 即将起动电容器 C_1 从线路中切除，仅留工作电容 C_2 参与长期运行。

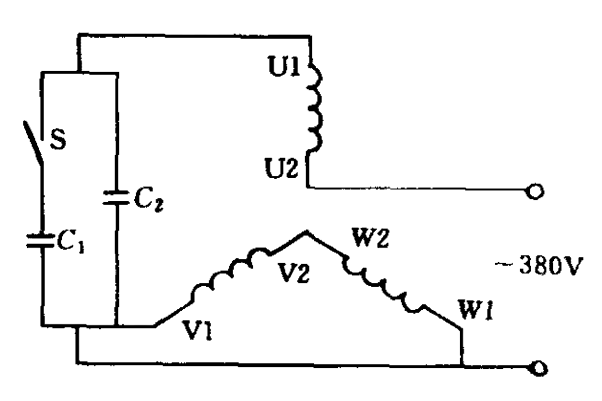
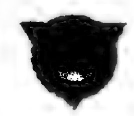


图 5-55 拉开 Y 连接原理接线图



拉开 Y 形连接时，其电容器的电容量可按以下的经验公式计算。

$$C_2 = \frac{I_N \times 10^6}{44 \times 314} \mu F$$

式中　I_N——三相电动机的额定电流，A；

C_1——起动电容器，其电容量可按 $C_1 = (0.8 \sim 0.9)\ C_2$ 来估算。

采用拉开 Y 形连接用于单相电源时，能使电动机的输出功率达到三相运行时额定功率的 85% ~ 95%。其使用的电容器应选用计算值相近似的标准的纸介或油浸纸介电容器，工作电压要选取 630V。

四、拉开△形连接

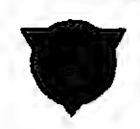
拉开△形连接可适用于 220V 或 380V 的单相电源，图 5-56 所示即为拉开△形连接原理接线图。这种接法与拉开 Y 形连接的基本原理是相同的，与拉开 Y 形连接比较，具有以下的一些不同特点。

图 5-56　拉开△形连接原理接线图

(1) 从图 5-56 中可见，电动机绕组中只有 U 相一相绕组作为主绕组，而用 V 相和 W 相绕组串接后作为辅助绕组。但在图 5-55 的拉开 Y 形连接中则是由 V 相和 U 相串接后构成主绕组，仅由 W 相一相绕组作为辅助绕组。

(2) 在图 5-56 中绕组 U1 与绕组 V1、W1 构成一个自耦变压器。由于自耦变压器的升压作用，使得电容器 C_1 和 C_2 所承受的电压约为单相电源电压的 3 倍，因此需要选用比图 5-55 的拉开 Y 形连接具有更高工作电压的电容器。

(3) 如果要使电动机反转，只需将图 5-56 中辅助绕组的两端 W2、V1 对换，或者将主绕组的端头 U1、U2 对调即可。



（4）图5-55所示拉开Y形连接与图5-56所示拉开△形连接相比较，两种接法所需工作电容 C_2 的电容量大小相近。但拉开Y形连接所需起动电容 C_1 的电容量，却要比拉开△形连接时大得多，将达到 $C_1=(2\sim4)C_2$ 的程度。

第6节　单相电动机的调速方法

单相电动机的调速方法主要有：变极调速法、电抗器调速法、自耦变压器调速法、绕组抽头调速法以及其它一些调速法。在这些调速法中，除变极调速是通过绕组显、庶极接法的变换，来改变电动机磁极对数进行调速外。其他各种调速方法都是利用单相电动机在负载转矩不变的情况下，调节定子绕组电压，即能得到不同转速的特性，经过降低电压来实现电动机调速。或者是通过调节进入定子绕组的电源频率进行调速，以及近年来日益普遍应用于各类单相电动机中的绕组抽头调速方法等。以下将逐一介绍单相电动机常用的各种调速方法。

一、变极调速接法

正如已知单相异步电动机的转速公式为：

$$n=n_1(1-s)=\frac{60f_1}{p}(1-s)$$

式中　n——单相异步电动机转速；

n_1——同步转速；

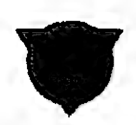
s——单相异步电动机转差率；

f_1——电源频率；

p——电动机极对数。

由此可见，只要设法改变定子绕组的极对数 p，就可以改变单相异步电动机的转速 n。极对 p 愈多，电动机的转速愈低，反之极对数 p 愈少，其转速愈高。

从前已知，对于同一套绕组当采用庶极接法时，将比用显极接法的极对数要多一倍。因此，如在电动机定子的一套绕组中运



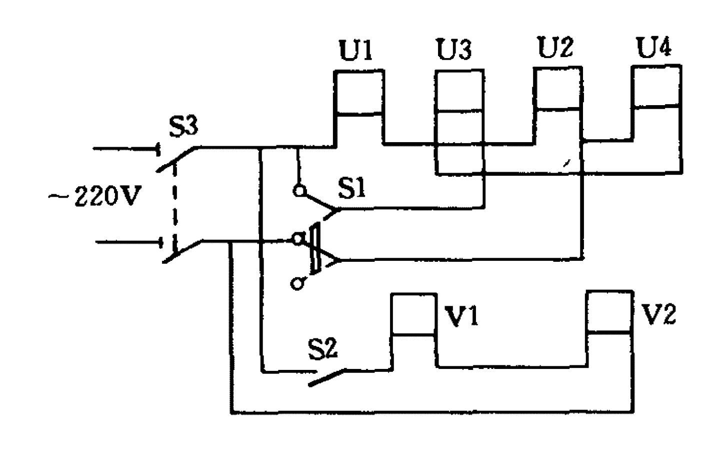


图 5-57 单相显、庶极双速接法接线示意图

用显、庶极两种接法的变换，即可以得到极数成倍的两种转速。图 5-57 所示即为显、庶极接法双速分相式电动机绕组接线示意图。从图中可以看出，当转换开关 S1 接到图中实线位置时，电流经过主绕组后相邻两极相组内的电流方向各不相同，这时电动机将作为 4 极运行，其绕组磁场极性的排列如图 5-58 所示。如将转换开关 S1 转换到虚线位置时，主绕组的各极相组将具有相同的极性。这样，原来的两对磁极便由于庶极接法而成为 4 对磁极。于是电动机便按 8 极的速度运转，其磁场极性将如图 5-59 所示。

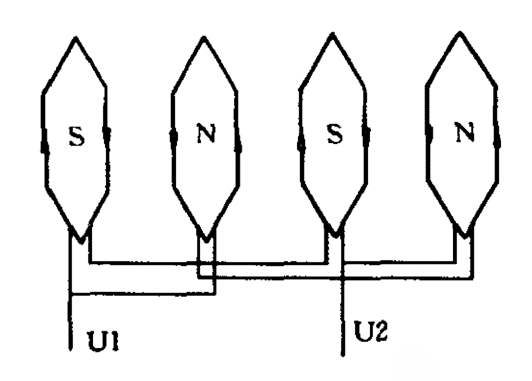


图 5-58 4 极运行时的磁场极性

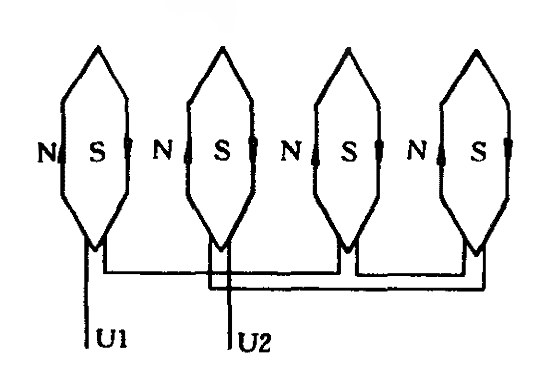
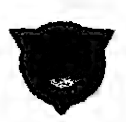


图 5-59 8 极运行时的磁场极性

二、自耦变压器调速接法

利用自耦变压器的调压特性来直接降低主、辅绕组的电压，或者只降低主绕组的电压，均能对电动机进行调速。具体接线方法有以下三种。图 5-60 所示为主绕组降压调速接线图。从图中



可以看出，自耦变压器是通过对主绕组的电压调控进行调速的。

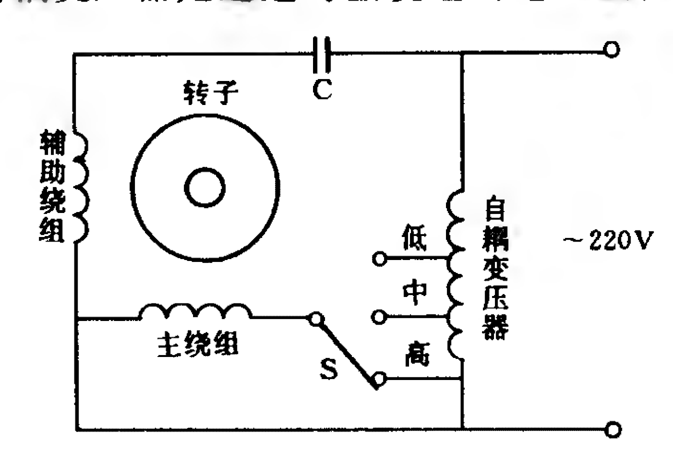


图 5-60　主绕组降压调速

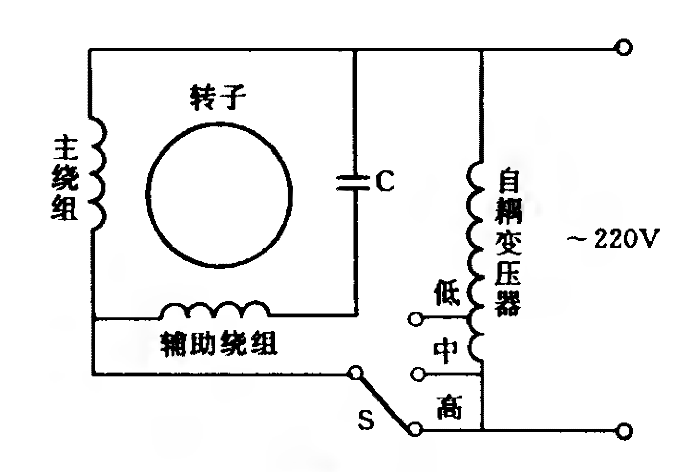


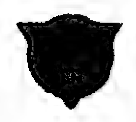
图 5-61　主、辅绕组同电压调速

图 5-61 所示为主、辅绕组同电压降压调速接线图。从图中可以看出，自耦变压器是以同一电压对电动机的主、辅绕组作电压调控进行调速。图 5-62 所示为主、辅绕组异电压降压调速接线图。从图中可以看出，自耦变压器是分别以不同电压施加到主、辅绕组上进行降压降速。

采用自耦变压器降压调速方法，能使单相电动机的起动性能和电能消耗有较大改善，其缺点是在增加自耦变压器后使整体成本大为增加。

三、电抗器调速接法

将电抗器串接到电动机的单相电源电路之中，然后通过电抗器的线圈抽头实现降压调速，图 5-63 所示即为电抗器调速原理



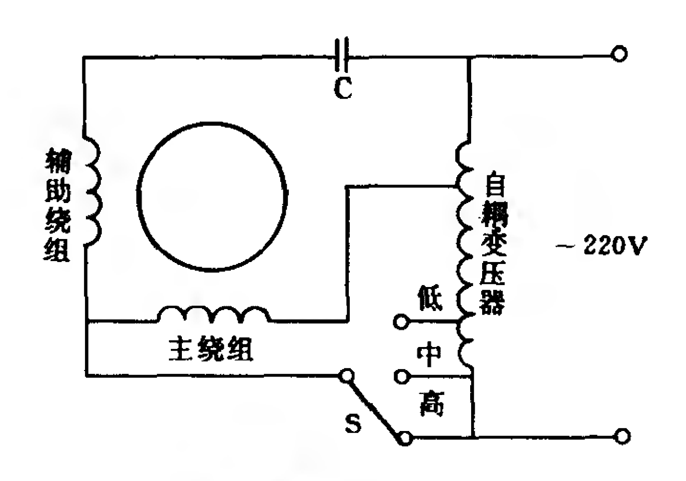


图 5-62　主、辅绕组异电压调速接线图

接线图。当调速开关 S 转到 c 点时，其主绕组与电抗器 L 串接到电源上，电源电压的一部分将降落在电抗器 cd 段上。因而主绕组的工作电压降低了，所产生的磁场也将随之减弱，电动机的转差率增大而转速就随着显著降低。当调速开关转到 a 点时，主绕组将在额定电压下运行，其转速将达到最高速。调速开关转到 b 点时，此时主绕组和辅绕组的工作电压介于高速和低速之间，因而电动机将作中速运行。

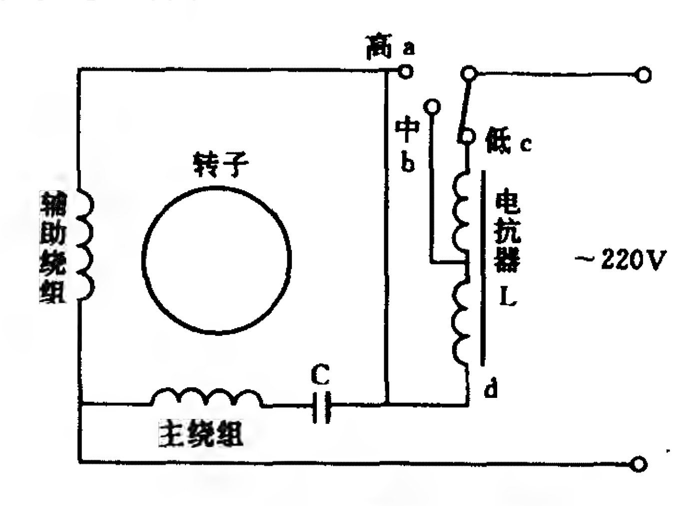
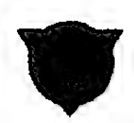


图 5-63　电抗器调速接线原理图

四、绕组抽头调速接法

单相电容运转电动机现已普遍采用定子绕组抽头调速的方法。这种调速方法具有不同于自耦变压器或电抗器调速，而只需改变定子绕组接线的特点。所以它有用料省、重量轻、耗电少等



优点，其缺点是工艺性较差、绕组的嵌线、接线较为麻烦，从而使其应用范围受到某些限制。采用这种接法的电动机，定子上除嵌放有主绕组和辅助绕组外，有些还另外加嵌有一套调速绕组。该调速绕组可嵌于主绕组或辅助绕组的同一槽中，其作用与效果没有差别。但由于辅助绕组的线径一般较细而槽满率偏低，所以调速绕组多嵌于辅助绕组同一槽内。通过改变调速绕组抽头的方法以改变主绕组的电压降及磁场强度，从而实现单相电动机的调速。绕组抽头调速的接线方法很多，常用的接线型式有下列几种：

1. L-1 型接法

图 5-64 所示为 L-1 型 2 速接法的原理接线图。在这种接法中，调速绕组是与主绕组串接后直接接于电源电压上的，主绕组与调速绕组为同槽分布，因而两套绕组在空间上是同相位的。一般调速绕组都嵌在主绕组的上面，其线径要比主绕组小 20% ~ 30%。从图 5-64 中可以看出，当调速开关 S 转到 1 的位置时，电动机将作高速运行。这时调速绕组全部串接于辅助绕组之中，主绕组直接接入全部的电源电压，从而满足了两相对称运行的条件，磁场也基本为圆形，所以其运行性能较好。开关转到 2 的位置时，调速绕组全部改串接入主绕组，使主绕组的匝数增加，而使电压与磁通相继降低，磁场的椭圆度变大，转矩与转速降低，因而达到调速的要求，并使电动机进入低速运行。

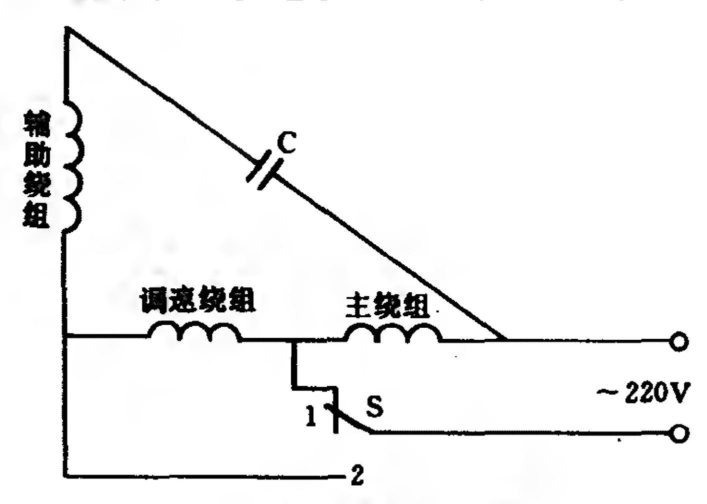


图 5-64　L-1 型 2 速接法原理接线图

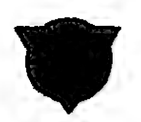


图 5-65 所示 L-1 型 3 速接法原理接线图，从图中可以看出其开关 S 增加了一个中速档。这时调速绕组的一部分线匝串接入辅助绕组，另一部分线匝则串接入主绕组，从而使电动机得以中速运行。

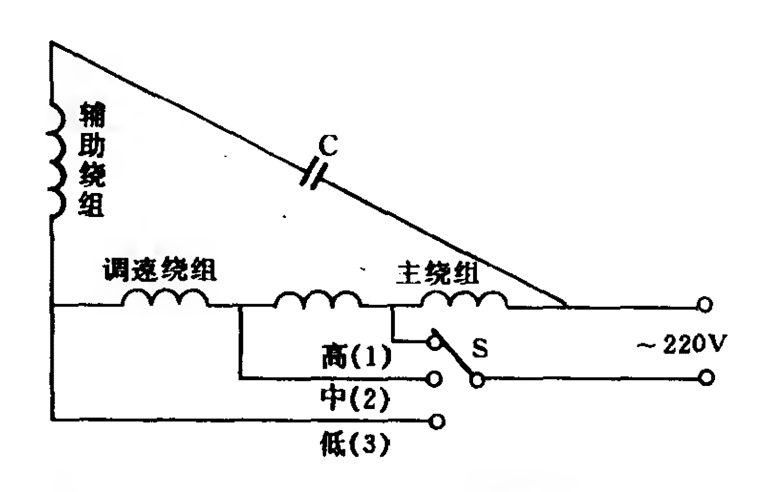


图 5-65　L-1 型 3 速接法原理接线图

L-1 型这种调速接法的优点是电动机的全部绕组在高、中、低三速运行中都参与工作，所以其用铜较为节省。而其缺点则是电动机低速时效率低，不利于电能的充分利用。

2. L-2 型接法

图 5-66 所示为 L-2 型 2 速接法原理接线图，在这种接法中其调速绕组与辅助绕组同槽分布，所以它们在空间上同相位，同一槽中调速绕组嵌放在辅助绕组的上面而其线径一般均与辅助绕组相同。图 5-67 所示则为 L-2 型 3 速接法原理接线图，这种 L-2 型接法的调速原理、运行性能及优缺点，与 L-1 型接法均大体相同。

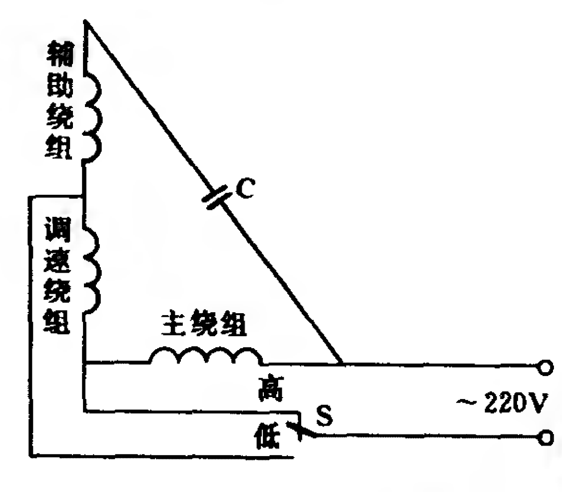


图 5-66　L-2 型 2 速接法原理接线图

3. T 型接法

该种接法的接线原理如图 5-68 所示，其调速绕组串接在主、辅绕组并联电路的外面，对主、辅绕组同时进行调压，通常为调

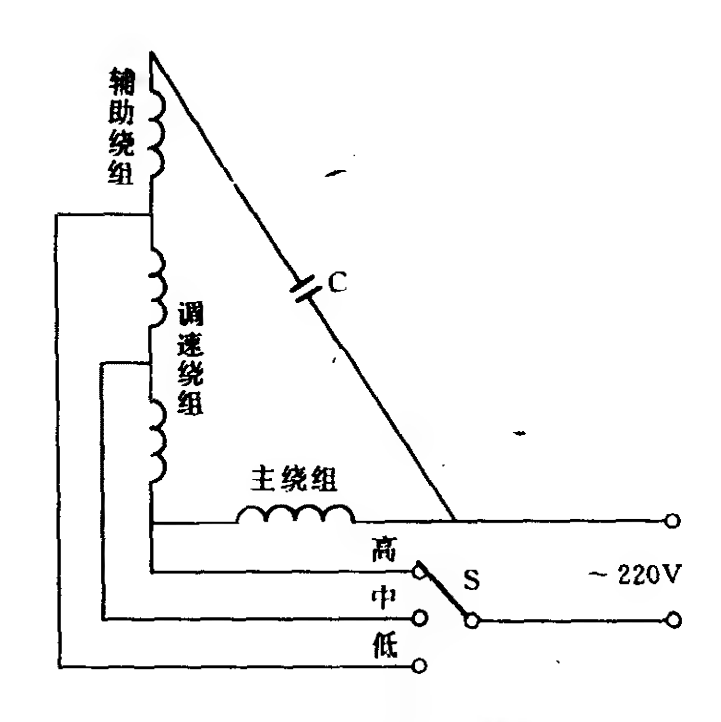


图 5-67　L-2 型 3 速接法原理接线图

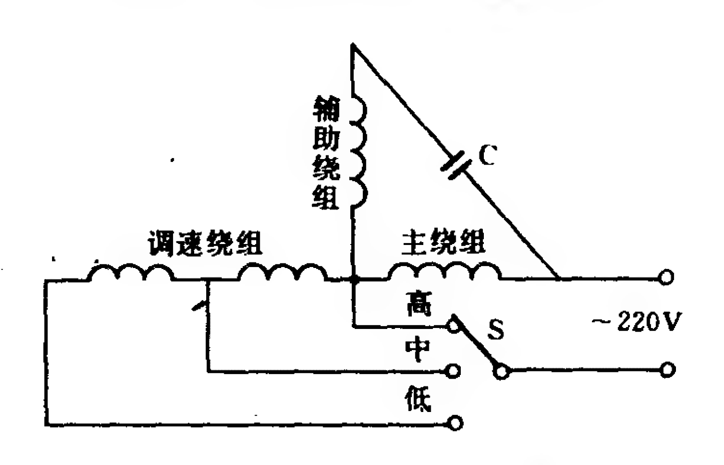
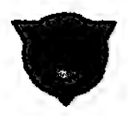


图 5-68　T 型接法接线原理图

速绕组与主绕组同槽分布，所以它们在空间上同相位。这种调速方法的特点是以降低磁场强度为主和改变磁场椭圆度为辅的办法进行调速。与 L 型相比，T 型接法时单相电动机的各项性能都比较好，且其电能利用也较为合理。

4.H 型接法

H 型接法的接线原理如图 5-69 所示，从图中可以看出，这种接法是将调速绕组与辅助绕组串接后，再与主绕组Ⅱ相并接。调速绕组与辅助绕组同槽分布，因而它们空间上同相位。这种接



法的调速原理是使主绕组的Ⅰ部分、Ⅱ部分和辅助绕组这三部分绕组之间，形成相位不一致的三个非对称相位差。当改变调速绕组的抽头位置，也就改变了三个绕组间这三个非对称的相位差，也就相对地改变了电动机的旋转磁场强度，从而实现单相电动机的调速。

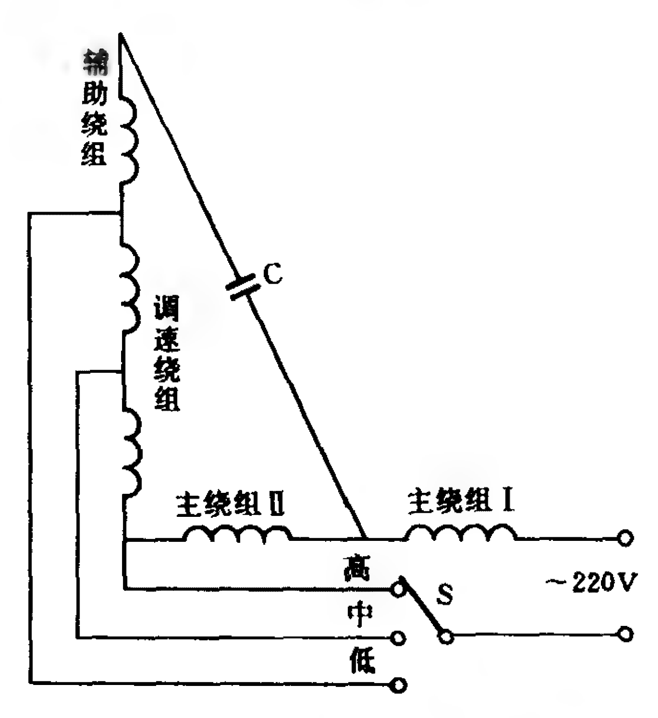


图 5-69　H 型接法接线原理图

五、绕组抽头调速接法的性能对比

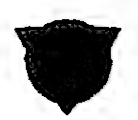
上述几种绕组抽头调速接法的性能对比情况如下所述。

1. 调速性能

电动机的调速性能以 L 型接法为最差；T 型接法变速效果较好，但在低速时通过调速绕组的电流为主、辅绕组电流之和，因之电流过大将使其温升长期过高而缩短使用寿命。

2. 起动性能

L 型接法的低速起动性能较差，而 H 型接法的低速起动性能比较好，T 型接法则介于上述两种接法之间。H 型接法起动性能较好的原因有两点，其一是形成了三个非对称相位差，使单相电动机具有了三相电动机易于起动的特点；其次是主绕组的Ⅰ部分中的电流，总是等于通过其抽头所并联两绕组的电流之和。因此，当



改变单相电动机的速度时，其Ⅰ部主绕组中的电流变化较小。

3. 电容器的耐压值

T型和H型接法时，其电容器上的电压降要比L型接法时电容器上的电压降低。其中又以H型接法时电容器上的电压降为最低。这是由于电容器是在与辅助绕组串接后，再串接上主绕组这一部分的，所以在该种接法时其电容器上的电压降最低。L型接法时的电容器的耐压值至少应选400V以上，而H型接法的电容器耐压值则只需220V就可以了。但同电容量电容器耐压值的高低对其价格却有较大的差异。

六、其他几种调速方法

单相电动机的调速方法除以上一些接法外，还有其它几种调速方法现简介如下。

1. 辅助绕组直接抽头调速接法

有时为进一步简化结构，也有采用在定子辅助绕组上直接抽头的方法来进行调速的。图5-70所示即为这种调速方法的原理接线图，从图中可以看出，该电动机内没有设置调速绕组，而是通过直接调控辅助绕组匝数来进行调速。

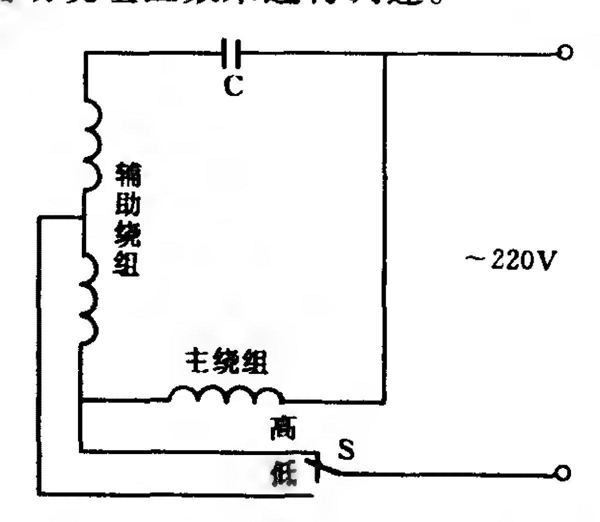


图5-70 辅助绕组抽头调速接线原理图

2. 绕组串并联调速接法

这种接法是调速方法中新出现的一种接法。它的优点是调速范围广、低速起动转矩较大、效率和功率因数较高，并且它省去



了一只电抗器，使电动机成本大为降低。（平时所称的节能风扇）就是采用这种调速接法的电动机装置。图 5-71 所示为这种接法的原理接线图。从图中可以看出，它是一种类似 L_{-1} 型的主绕组调速接法。只不过它们的主绕组和调速绕组的构成略有不同，当开关 1 和开关 4 闭合时主绕组和调速绕组接成两条并联支路，这时电动机作高速运行。当开关 2 闭合时，调速绕组的一半被串接入主绕组，此时电动机作中速运行。开关 3 闭合时，调速绕组和主绕组串联，这时电动机将作低速运行。可以看出从高速到低速档，辅助绕组始终没有变动而外加电压也没有变化。

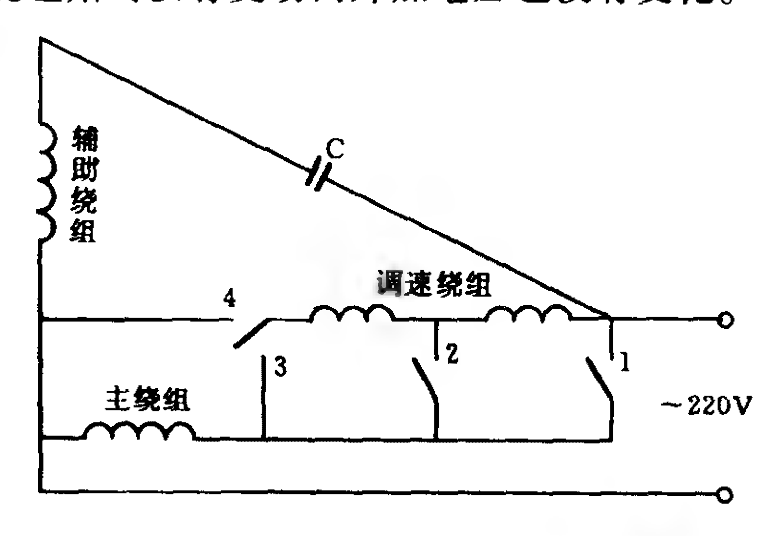


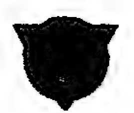
图 5-71　绕组串并联调速接法接线原理图

3. 电容器串、并联调速接法

该种接法中其高速时的接法与一般接法相同，调速时可将主、辅绕组进行串联以达到降压调速的作用。如将电容器并联在辅助绕组两端，就会对辅助绕组内电流起到移相作用，改变不同的电容量即可得到不同的转速。如图 5-72 所示，从图中可以看出高速时开关 S1 与 S2 处于图中位置；中速时则 S1 与 2 接通 S2 转到 4 的位置；低速时 S1 与 2 接通，S2 转到 5 的位置。该线路中的电容器 C1 的电容量应小于电容器 C2 的电容量。

4. 晶闸管电子调速接法

晶闸管电子调速的线路很多，其调速方式有调压、调频和调压、调频同时进行等。图 5-73 所示为比较简单经济的一种，从



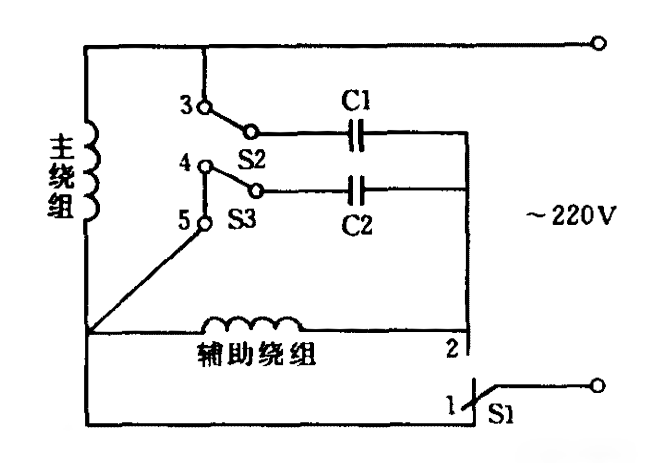


图 5-72　电容器串并联调速接线原理图

图中可以看出，通过调节移相元件 R1 来调节 V 的导通角去控制整流器的输出电压，以达到调节和控制电动机的转速。当 R1 阻值小时晶闸管 V 的导通角大，线路输出电压高，电动机的转速也就高。反之，当 R1 的阻值大时，则其结果将相反。

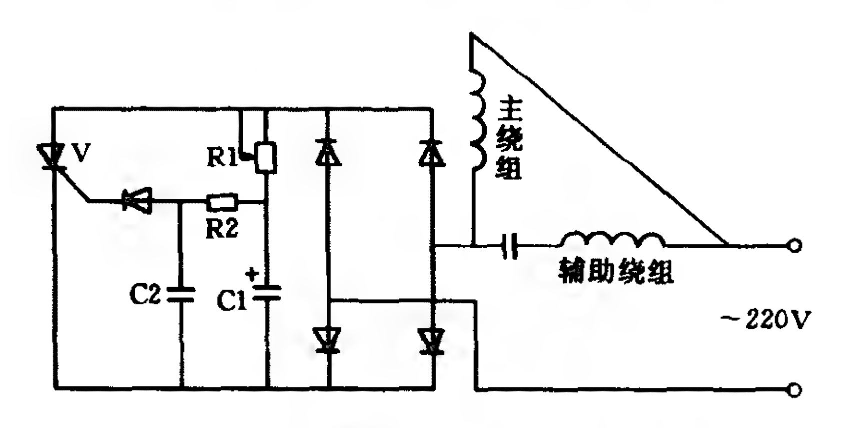


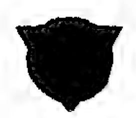
图 5-73　晶闸管电子调速线路图

第 7 节　单相电动机的反转

从前所述已知，如果要改变单相电动机的旋转方向，通常只需将辅助绕组或主绕组的两根引线端互换，单相分相式电动机和电容式电动机的旋转方向即可反转。但单相罩极式电动机的反转要麻烦些，以下将分述几种常用单相电动机的反转接法。

一、分相式电动机的反转

图 5-74 所示为单相分相式电动机反转的原理接线图。从图



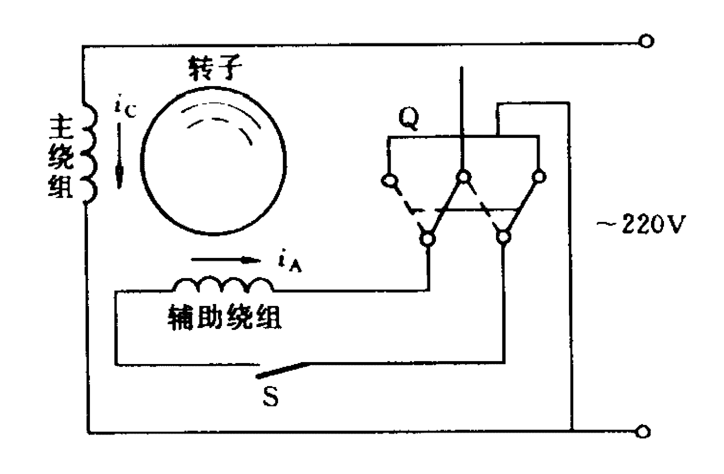


图 5-74　分相式电动机反转的接线原理图

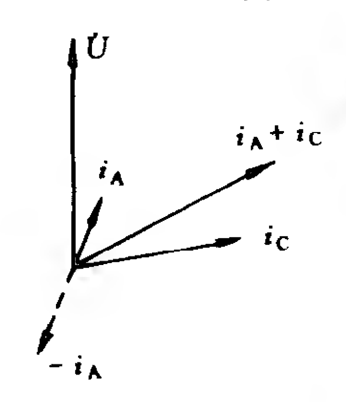


图 5-75　分相式电动机反转的电流相量图

中可以看出，当转换开关 Q 在实线位置时，辅助绕组中的电流 i_A 超前于主绕组的电流 i_C 一个角度，这时电动机作正向旋转。当转换开关 Q 投到虚线位置时，此时辅助绕组电流 i_A 方向改变了 180°，使主绕组电流 i_C 超前于辅助绕组电流 i_A，从而使电动机作反方向旋转，其电流相量图如图 5-75 所示。同理，如果改变主绕组的接线也可以实现电动机的反方向旋转。

二、电容式电动机的反转

图 5-76 所示为电容运转式电动机正、反向旋转的原理接线图。从图中可以看出，当开关 Q 在图中实线位置时，辅助绕组 i_A 超前主绕组电流 i_C，此时电容运转式电动机作正向旋转。当

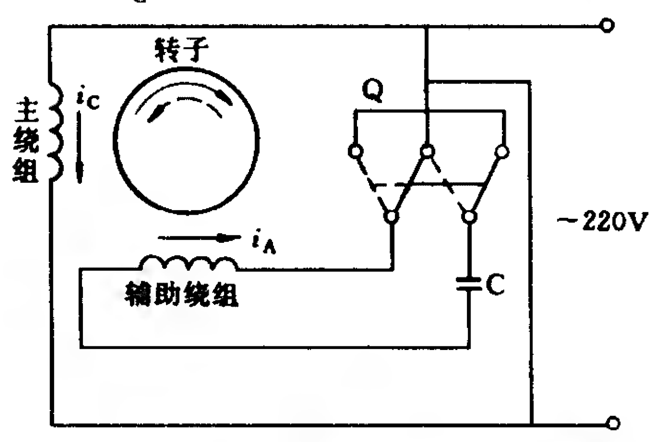
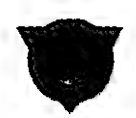


图 5-76　电容运转电动机反转接线原理图



转换开关 Q 投至虚线位置时，辅助绕组电流 i_A 的方向改变了 180°，使主绕组电流 i_C 超前于辅助绕组电流 i_A，因而使电容式电动机作反方向旋转，其电流相量图如图 5-75 所示。

三、罩极式电动机的反转

罩极式电动机由于其定子结构和工作原理的不同，简单的互换绕组引线端不能改变罩极式电动机的旋转方向。因为在单相罩极电动机中是由于罩极的裂相作用，才使原不具备旋转性质的磁场，变换成一个近似的旋转磁场。而其旋转磁场轴线的移动方向是由磁极的未罩部分转至罩极部分，它不以电流进入绕组的方向来决定其转向。实用中如要改变罩极电动机的转向，通常则有以下几种方法。

(1) 集中式磁极罩极电动机的反转。

对这种罩极式电动机的反转，必须将罩极电动机的定子调头后再装进转子才能达到。这时因调头重装而使定子反转了 180°，磁极的未罩部分与罩极部分的相对位置改变了，如图 5-77 所示。由于电动机转子的旋转方向始终是由未罩部分转向罩极部分的。所以当罩极电动机定子调头重装后，就可以改变它的旋转方向。

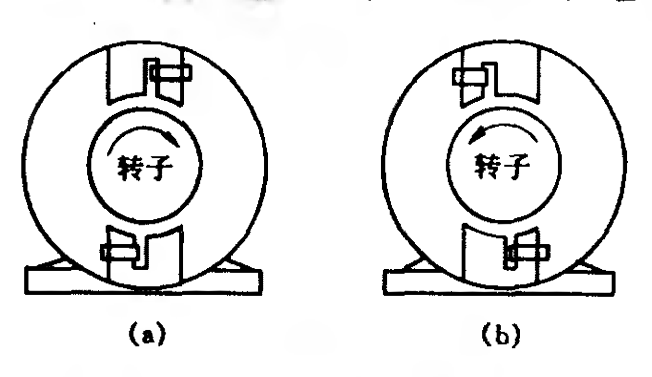
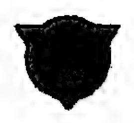


图 5-77　将定子调头装配来改变罩极电动机转向
(a) 调头前为顺时针方向旋转；(b) 调头后为反时针方向旋转

(2) 分布绕组罩极式电动机的反转。

如图 5-78 所示，在罩极电动机的定子槽中嵌放有一套分布式主绕组和两套分布式罩极绕组，该罩极绕组具有和主绕组相同的极数。利用转换开关 S 使两套罩极绕组交替地运用，就能使罩



极电动机方便地作正、反方向旋转。

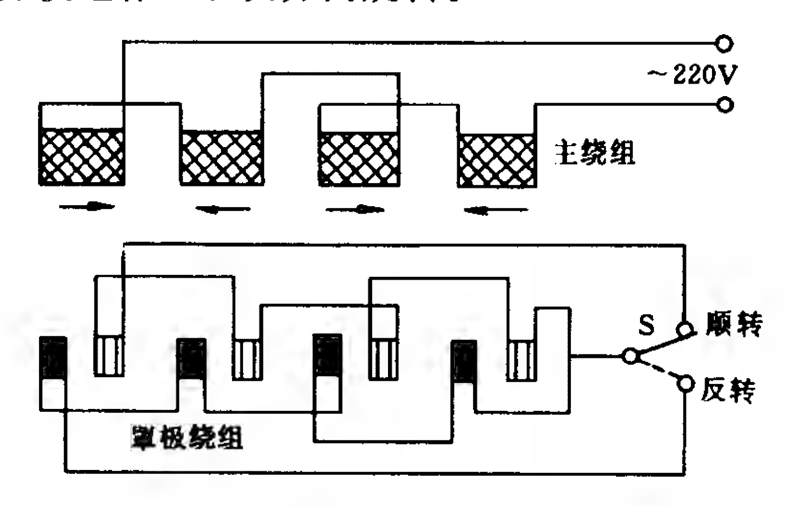


图 5-78　双罩极绕组正反转接线原理图

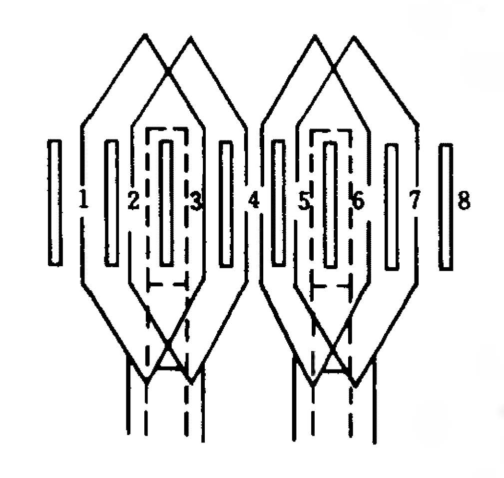


图 5-79　双主绕组在一个磁极内的分布

(3) 双主绕组罩极电动机的反转。

如图 5-79 所示，在罩极电动机定子槽中嵌放有两套主绕组和一套罩极绕组。该罩极绕组可以是短路铜环式或线绕短路线圈。如需要电动机作顺时针方向的正向旋转时，只需将一套主绕组接入电路而另一套主绕组断开不用；当需要罩极电动机作逆时针方向的反向旋转时，将第二套主绕组接入电路，并使第一套主绕组断开不用。图 5-80 所示为一台 4

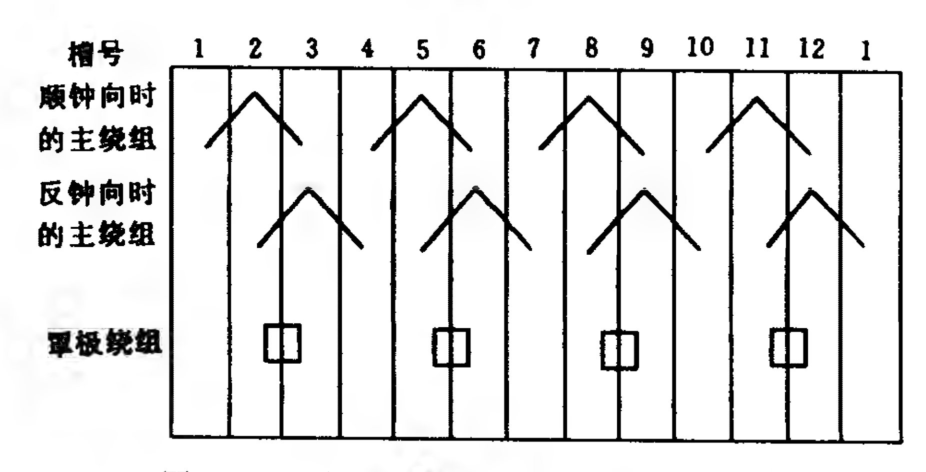
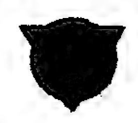


图 5-80　4 极 12 槽双主绕组的绕组分布图



极 12 槽罩极电动机采用双主绕组和一套罩极绕组的绕组布置图。从图中可以看出，两套主绕组与罩极绕组在定子铁心内的相互位置。

第 8 节　单相电动机定子绕组的故障和修理

单相电动机的铁心及机械部件一般较少出现故障，因为这些零部件都比较坚固。而绕组却不同，它们是电动机最易受损产生故障的部件。所以，单相电动机定子绕组的故障与修理是极其重要的一环。

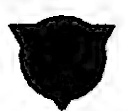
定子绕组因长期过载发热使绕组的绝缘老化，或者绕组绝缘受潮击穿等原因，都可能使绕组损坏而发生故障。单相电动机定子绕组常见故障有绝缘受潮、绕组通地、绕组短路和绕组断路等。

一、绕组绝缘受潮

单相电动机如受过雨淋、水浸，或长期停用而环境又十分潮湿，其绕组绝缘都有可能严重受潮。这类电动机在重新使用前，应进行必要的检测和处理，先用 500V 兆欧表（俗称摇表）检查绕组的绝缘电阻，其主、辅绕组、调速绕组对机壳的绝缘状况都要检测。如果主、辅、调几套绕组在定子内部没有连接在一起时，在各套绕组之间也应检测绝缘电阻。测得的绝缘电阻值如小于 0.5MΩ，说明电动机绕组绝缘已严重受潮。此时，电动机就需要经烘干处理，待绝缘电阻值达到合格后方可使用。绕组绝缘的加热烘干可采用灯泡、电炉、电吹风和烘箱等进行。有些电动机由于使用日久绕组绝缘老化，这时可在电动机烘干后再浸漆处理一次，以增强其绝缘能力和延长使用寿命。

二、绕组通地故障

单相电动机如长期超载运行，将会因温升过高而导致绕组绝缘老化，或因受潮、腐蚀、定转子相擦、机械碰伤、制造工艺不良等，都有可能产生绕组的通地故障。绕组通地时整个电动机都



将带电，使电气设备失控，时间长了还可能因绕组局部严重过热而演变成短路故障，使电动机无法正常运行，甚至引起人身伤亡的严重事故。如发现绕组有通地故障，应立即停止使用并进行检试修复。

1. 定子绕组通地故障的检查

单相电动机定子绕组通地故障的检查有以下几种方法。

(1) 绕组的外观检查。

仔细目测检查电动机定子铁心内、外侧、槽口、绕组直线部分、端接部分、引出线端等，看有无绝缘破损、烧焦、电弧痕迹，以及绝缘烧焦的气味等，仔细观察，认真查找许多故障都是能够发现的。

(2) 兆欧表检查。

对额定电压220V以下的单相电动机，可使用500V兆欧表进行绝缘电阻的检测。测量时应将兆欧表的火线接电动机绕组引线端，另一根地线接电动机的机壳。按照兆欧表规定的转速（通常为120r/min）转动手柄，如表上指针指零表示绕组绝缘可能已被击穿通地；如指针在零附近摇摆不定，则说明绕组尚具有一定的绝缘电阻值，图5-81所示为用兆欧表检查通地故障。

(3) 用220V试灯检查。

如没有兆欧表，可以用220V电源串接灯泡进行检查。如图5-82所示，当用试灯进行测试时，如试灯发亮则说明绕组绝缘损

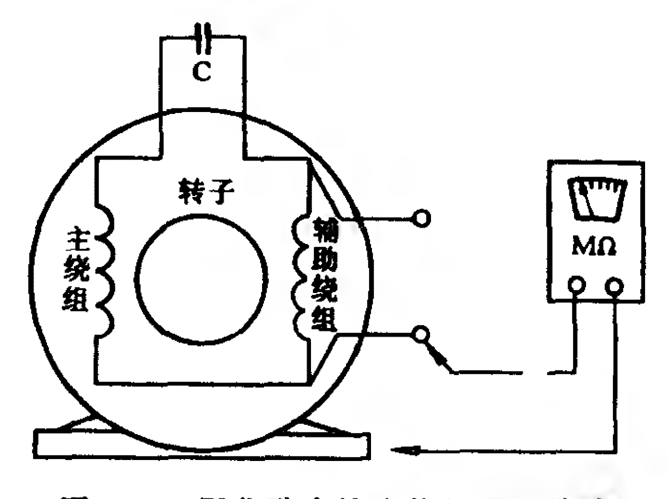
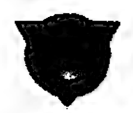


图5-81　用兆欧表检查绕组通地故障



坏已直接通地。这时可拆开电动机端盖，取出转子，逐极检查，以找出绕组的通地故障点。不过采用这种方法时应特别注意人身安全，应严格防止触电伤人。

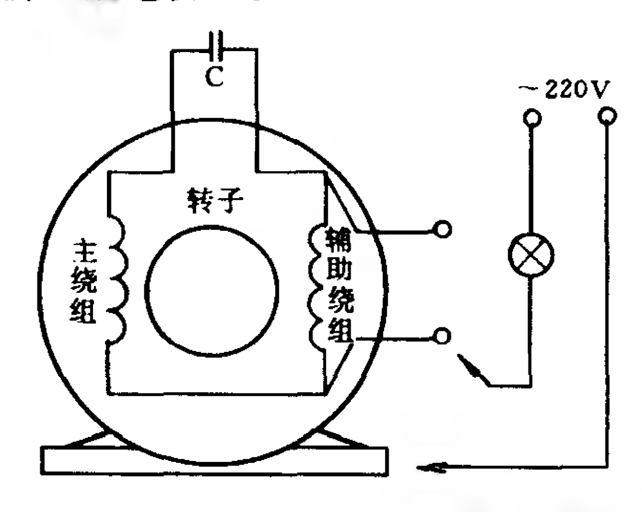


图 5-82　用试灯检查绕组通地故障

(4) 万用表检查。

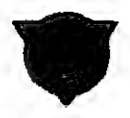
可用万用表 R×10K 档检测绕组通地故障。检测时可将万用表的一根线端接绕组引线端，另一根表线则接电动机的机壳。如测出的电阻为零，说明绕组已直接通地，当表上测出有电阻数值时，要根据经验分析、判断电动机绕组是受潮，还是绝缘击穿的故障，然后视情况作进一步检查或处理。

2. 绕组通地故障的修理

用以上方法仍不能找到通地绕组的故障点时，则通地故障极可能发生在定子铁心槽内。这时先要找出主绕组、辅绕组和调速绕组中已通地的一套绕组，然后再将该套绕组按分组淘汰的方法，逐极查出绕组通地故障点。查出通地故障线圈后，再根据绕组故障范围的大小、绝缘的好坏程度、返修的难易等具体情况，以作出局部修理或是重换全部绕组的处理。

三、绕组短路故障

单相电动机由于起动装置失灵、电源电压波动大、机械碰撞、制造工艺差等多种原因，都可能导致电动机电流过大、绕组绝缘损坏而产生绕组短路故障，如不及时发现和修理，绕组将会



迅速发热而导致故障范围扩大，严重时甚至还会使整个绕组烧毁。

1. 绕组短路故障的检查

检查方法通常有以下几种。

(1) 绕组外观检查。

绕组短路故障可分为匝间短路、线圈间短路、极相组间短路和主、辅、调几套绕组间短路。当发生短路故障时，由于短路线圈内产生很大的短路电流，将导致线圈迅速发热、冒烟、发出焦臭气味，以及绝缘物因高温变色等。除一些轻微的匝间短路外，较严重的线圈间、极相组间、各套绕组间的短路故障，一般经仔细目测大多都能找到发生故障的位置。

(2) 空载运转检查。

对于小功率的单相电动机短路故障，如一时没有仪表和专用工具，则可采取让电动机空载运转 15 ~ 20min（如运转时出现金属体烧熔、冒烟等异常情况时，则应立即停止运转），然后迅速拆开电动机两侧的端盖，用手依次去触摸绕组端部的各个线圈，对温度明显高于其他地方的线圈应仔细观察，通常这些温度特别高的线圈，多为短路故障所在。这种检查方法非常简便、直观，不过对轻微的匝间短路它却难已奏效。

(3) 电桥检查。

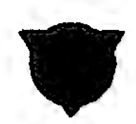
先确定主绕组、辅助绕组、调速绕组中已短路的一套绕组。然后用电桥逐一测量该套绕组各极相组的电阻值，其阻值明显比其它极相组的阻值小时，该极相组就很可能存在有短路线圈，继续查找极相组内各个线圈，就能找到绕组的短路故障点。

2. 绕组短路故障的修理

如绕组绝缘未整体老化，且短路线圈的导线也没有烧损，可以采取局部修理，具体方法如下：

(1) 匝间短路的修理。

这种故障是由于导线绝缘层破损而产生。此时如槽绝缘未受损或受损轻微，且短路的导线匝数不多时，就只需将短路线匝在



端部剪断，再使绕组加热变软后，用钳子将已损坏的短路线匝从端部抽出，并将原有线圈依前接好绕组即可继续使用。抽出短路线匝时注意不要碰坏相邻的完好线匝及线圈，以免造成绕组故障范围的扩大。

（2）短路线圈的修理。

当整个线圈短路烧坏时，一般可采用穿绕法修理。进行这种修理时，首先要将电动机的短路线圈从两端剪断，并且使整个绕组加热变软后，再将剪断的线匝从槽内一根根抽出。将原来的槽绝缘尽可能拆除干净，并按原来槽绝缘结构换上新绝缘。依照原线圈的导线型号、规格及线匝总长度（应比原线匝总长度稍长些）选用好导线，然后在槽内来回穿绕至绕足原有线圈的匝数，最后将穿绕好的线圈进行整形连接，并淋上绝缘漆烘干即可。

（3）线圈间短路的修理。

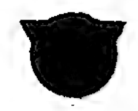
出现这种故障的原因多为制造过程中线圈绕线、嵌线存在的工艺问题。往往是由于各个线圈与本极相内其它线圈的过桥连接线处理不当，或者是线圈嵌线方法不对，以至线圈间的线匝存在严重的交叉，经端部整形时的重力锤击后就很容易造成线圈间的短路。如短路故障点发生在绕组端部，则用同等绝缘或复合绝缘垫隔后即可修复。

（4）整个极相组短路的修理。

这种故障主要是极相组间的连接线上其绝缘套管未套到位，或者是所套绝缘套管已经破损。一般同心式绕组多发生此类故障。修理这种故障时，可以将绕组加热变软后，再用理线板撬开引线处，将绝缘套管重新套至接近槽口的位置，或者用复合绝缘纸将短路隔垫好，即可将短路修复。

（5）各套绕组间短路的修理。

单相电动机的主绕组、辅助绕组及调速绕组间，由于在嵌线过程中相间绝缘垫放不当，或因长期超载运行，温升过高而导致绝缘老化破损，可能因此而形成短路故障。对这种故障的修理首先仍要加热绕组使其变软，然后将故障处的绕组用理线板撬开，



垫入复合绝缘纸或同等绝缘后，即可修复。

四、绕组断路故障

绕组由于受机械碰撞、焊接不良、严重短路等原因，都有可能使线圈产生断路故障。绕组断路故障的检查比较容易，它可以采用万用表、兆欧表或试灯等方法进行检查。当用万用表检查时，可先将表的开关转至电阻档，然后从电动机接线板查起，先找出是哪套绕组已断相，再采用分组淘汰的办法检查各极相组。检查时先拆开断相绕组，并测量该相绕组各极相组的通断，不通的即为有断路故障的极相组。接着可检查各极相组内所有线圈，直至最后找出断路故障线圈。断路故障点如发生在端部，且相邻处绝缘完好，此时就只需重新连接和绝缘即可。如绕组的断路故障是发生在槽内时，则必须采用穿绕法重换新线圈。

五、绕组接错故障

从前述已知，单相电动机定子绕组是根据电磁感应定律，按一定的规律和接线原则进行连接的。因此，一定要熟悉和掌握这些规律和原则才能避免绕组的接线错误。当绕组出现接错故障时，轻则难以形成完整的定子旋转磁场而起动困难、电流增大、噪声刺耳等；严重时甚至无法起动，并且发出剧烈的振动和吼声，其电流也会迅速急剧上升。如不及时切断电源，就将很快因发热冒烟而将整个绕组烧毁。

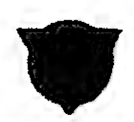
绕组接错故障有如下一些检查方法。

1. 外观检查法

如果对绕组的连接线外观进行仔细检查，追踪主、辅、调各套绕组的连接，则绕组接错故障的位置一般都能找出来。接错故障的检查可按下述方法进行。

（1）极相组内各线圈连接的检查。

极相组内的各个线圈通常都采用多块线模连续一次绕成，线圈间利用绕线时的过桥线串接而成极相组。因此在检查时只须注意不将线圈嵌“反”就可以了，线圈一旦嵌“反”，这个线圈内的电流方向已改变，于是其电流方向定会与极相组内其它线圈的



电流方向相反，最终将削弱该极相组所产生的磁场强度。

（2）显极接法的检查。

对于采用显极接法的绕组，其每套绕组各自都应按照“头与头相接、尾与尾相连”的接法连接。因此，可以根据显极接法接线原则，依极相组出线端所套绝缘管的走向，逐一检查、仔细核对，绕组接错之处是不难找出来的。

（3）庶极接法的检查。

对于采用庶极接法的绕组，每套绕组都应按照“头与尾相接、尾与头相连”的接法连接。所以可按庶极接法接线原则，依据极相组出线端所套绝缘管的走向，逐一核对绕组的接法，其绕组接错之处是很容易找出来的。

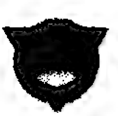
（4）主、辅绕组出线端位置检查。

从前述已知，单相电动机的主、辅绕组是按照相差 1/2 个极相组交替布置的，即主、辅两套绕组相差 90°电气角度。因此，主绕组和辅助绕组的出线端应位于相邻两极相组内，调速绕组与主绕组或辅助绕组同槽分布。根据以上特征，就可以方便地检查出它们出线端的位置是否正确。

2. 指南针检查法

如将 3～6V 的直流电源依次接入主绕组和辅助绕组内，用指南针沿定子铁心内圆表面移动，对各极相组的磁场极性逐一进行检查，以核对电动机绕组接法是否正确，如图 5-83 所示。从图中可以看出，主绕组 U 相的 4 个极相组的磁场极性显示为相邻极相组的极性相反；辅助绕组 V 相的 4 个极相组的磁场极性也显示为相邻两极相组的极性相反。只不过 U 相和 V 相的首尾出线端位置相差了 90°电气角度，即 1/2 个极相组的位置。这样主绕组 U 和辅助绕组 V 共同建立了一个 4 极磁场。因此，经检查图 5-83 所示的电动机绕组接线是正确的。

当电动机绕组内存在连接错误时，用指南针检查出的磁场极性将会比较混乱，主绕组 U 和辅助绕组 V 将无法共同建立一个 4 极磁场。图 5-84 所示即为用指南针法检查出存在连接错误的绕



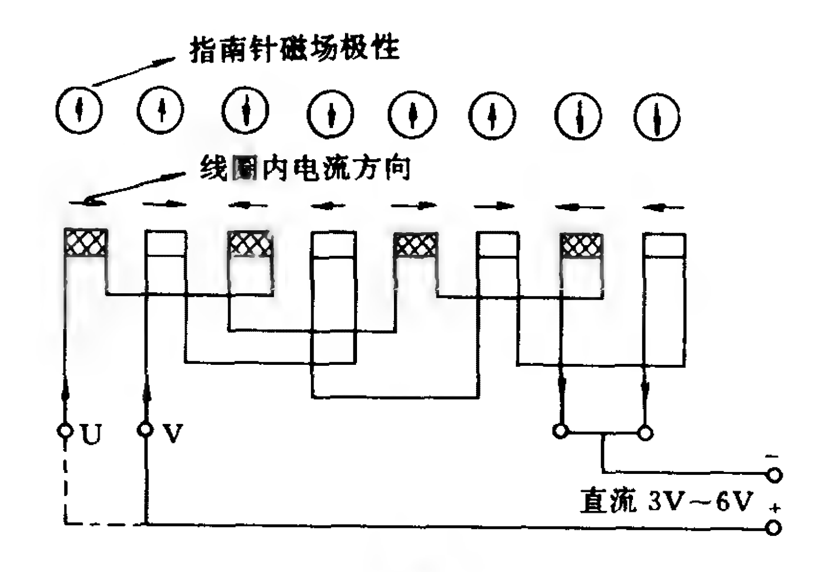


图 5-83　绕组接线正确时指南针显示的极性

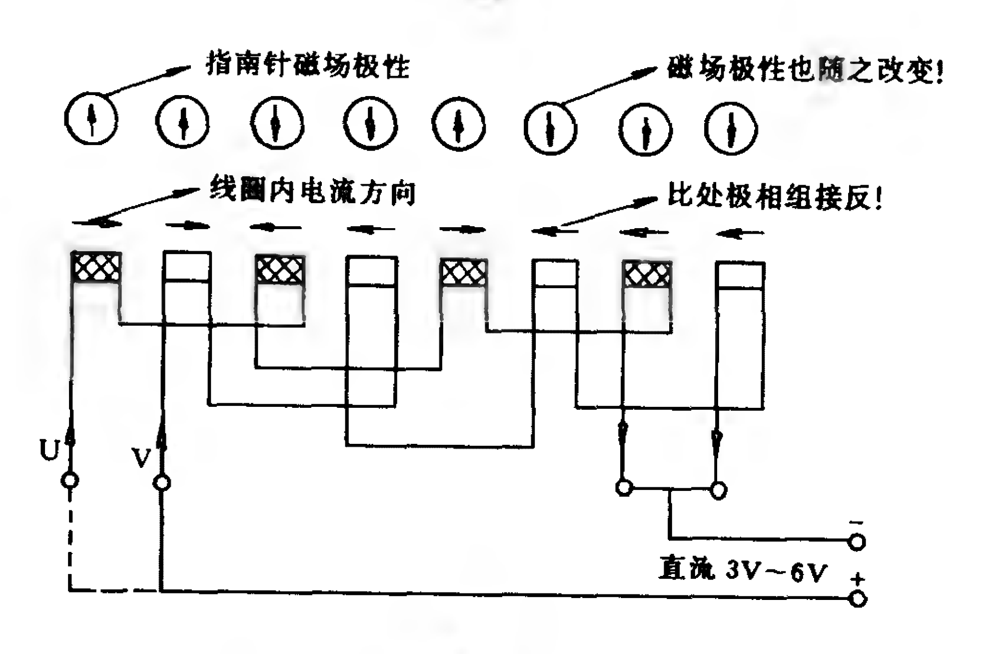
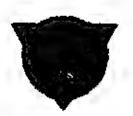


图 5-84　绕组接线错误时指南针显示的极性

组。从图中可以看出主绕组 U 是从第 1 个极相组开始连接，这个极相组的头已作为 U 的出线端 U1，尾则越过辅助绕组 V 的第 1 个极相组去与 U 的第 2 个极相组的“尾”相接；极相组 2 的头则与 U 的第 3 个极相组的“头”相接；极相组 3 的“尾”则与 U 的第 4 个极相组的“尾”相接；剩下极相组 4 的头则作为 U 的出线端 U2。可以看出该相绕组完全是标准的显极接法，并且其接线也是正确的，因而指南针的磁场极性也作了正确显示。

接着再来看辅助绕组 V 的连接。该相绕组的接线仍从极相



组1′开始，这个极相组的“头”已作为V的出线端V1，其“尾”则与V的第2′个极相组的“尾”相接。极相组2′的“头”原应与V的第3′个极相组的“头”相接，但却错与极相组3′的“尾”接了起来，随后极相组3′的“头”又错与极相组4′的“尾”接了起来。从图中可以看出，指南针将极相组3′和4′接错后的磁场极性，都准确无误地显示了出来。

用指南针检查法去检查绕组的接线，既迅速而又准确，它是电动机修理中实用而有效的一种检查方法。找出绕组接错故障位置后，应予以改正重接。

第9节　单相串励电动机电枢绕组故障修理

单相串励电动机的电枢绕组与直流电动机电枢绕组相同，它也有两种不同的绕组即叠绕组和波绕组。

由于单相串励电动机的换向比较困难，为解决这个问题，单相串励电动机在电枢设计上采取换向片比铁心槽数多的特殊措施，以使电枢的换向情况得到较好的改善。通常单相串励电动机取换向片数为电枢槽数的2~3倍，因而使其电枢绕组的线圈元件与换向器的连接具有它自身的特点。

一、电枢绕组的连接

图5-85所示为单叠绕组的连接，这种绕组的特点是每一个线圈元件的首端和尾端分别接在相邻两换向片上，各线圈元件的首、尾端顺序串联相互重叠所以称为叠绕组。图5-86所示为波绕组的连接，从图中可以看出，这种绕组相邻连接的两个线圈元件成波浪形状，所以称为波绕组。这两种绕组在性能上最大区别是并联支路的不同，叠绕组的并联支路数等于磁极数；而波绕组的并联支路

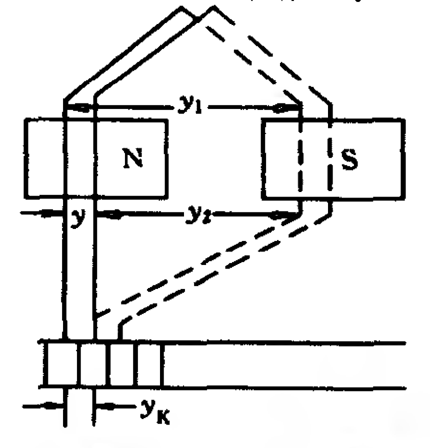


图5-85　电枢单叠绕组的连接

数则不论电动机的极数多少都等于2。对2极电动机而言，不论是叠绕组或波绕组，其并联支路始终都为2，此时无论采用何种绕组，其性能都将基本相同。但在实际应用中2极单相串励电动机，都采用叠绕组。而小功率单相串励电动机又绝大多数为2极电动机，因此单相串励电动机的电枢绕组主要采用的也就是单叠绕组。

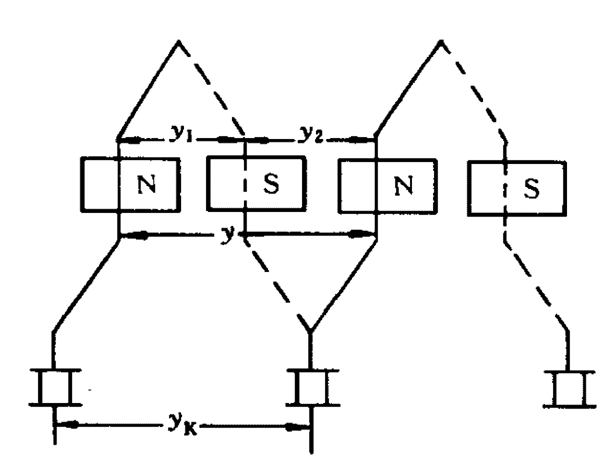


图 5-86 电枢单波绕组的连接

二、电枢绕组的节距

如能认识和理解电枢绕组几种节距的特征和所含意义，就能比较容易地掌握电枢叠绕组和波绕组的连接。从图5-85和图5-86中可以看出，单叠绕组和单波绕组存在有以下几种绕组节距。

1. 第一节距 y_1

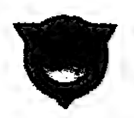
也称后节距一般用 y_1 来表示，它是1个线圈元件两条元件之间的距离。根据 y_1 的大小可以将电枢绕组分为全节距和短节距两类绕组型式。

2. 第二节距 y_2

也称前节距一般用 y_2 来表示，它是第1个线圈元件的第2元件边和相邻连接线圈元件的第1元件边之间的距离。

3. 合成节距 y

合成节距一般用 y 来表示，它是两个相邻连接线圈元件对应边间的距离。



4. 换向器节距 y_k

换向器节距一般用 y_k 来表示，它是电枢绕组线圈元件的首端与尾端所连接的两换向片之间的距离，换向器节距 y_k 以换向片数表示。

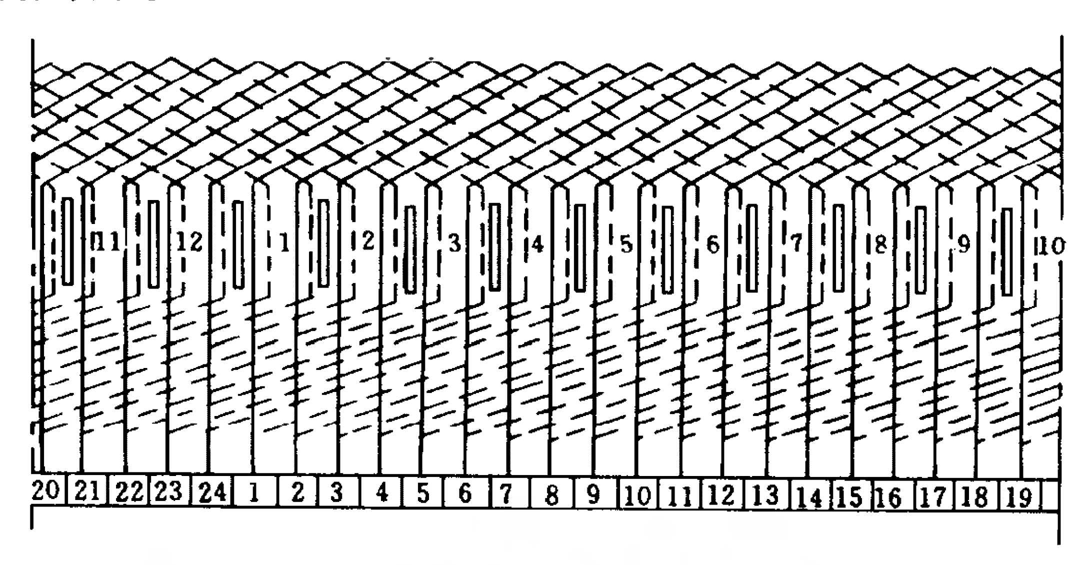


图 5-87　2 极 12 槽电枢单叠绕组展开图

单叠绕组的线圈元件数等于换向片数，而其换向片数，可与电枢槽数相等也可以是槽数的 2 倍或 3 倍。例如 9 槽 9 换向片、9 槽 18 换向片和 9 槽 27 换向片等。通常单相串励电动机多取换向片数为电枢槽数的 2～3 倍. 图 5-87 所示即为一台 $2p=2$、$z=12$ 槽、$k=24$ 换向片、$y_2=5$（即线圈元件节距为 1～6 槽）的电枢绕组接线展开图。

三、单叠绕组连接的起始位置

单相串励电动机的电枢绕组在采用单叠绕组时，其第 1 个线圈元件边的首、尾端接到换向器上的位置极为重要。它直接影响到单相串励电动机换向性能的好坏，严重时甚至使电动机在运转中换向器产生极大的火花，以致使电动机无法正常运转。由于设计的不同，单相串励电动机电刷与磁极的相互位置不可能完全相同。因此，线圈元件首、尾端接至换向器上的位置也就不会相同。同时单相串励电动机通常还根据电枢的旋转方向，来选定线圈元件线端接到换向器的位置。一般是将线圈元件首端按电枢槽



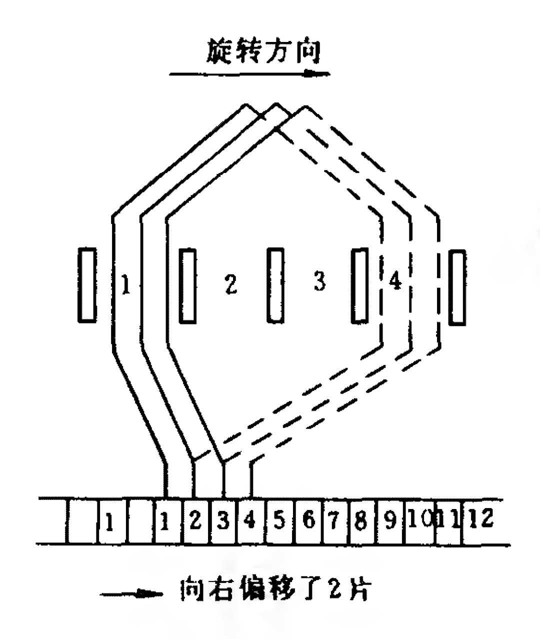


图 5-88　顺时针旋转方向时线端的起始位置

中元件边所对的换向片，沿电枢旋转方向偏移 1～3 个换向片，来作为线圈元件线端接线的起始位置。如图 5-88 所示，为当电枢为顺时针方向旋转时，线圈元件线端在换向器上的起始位置（原应接于 1′，现右移至 1，偏移两个换向片）。图 5-89 所示为电枢逆时针方向旋转时，其线圈元件线端在换向器上的起始位置。从图中可以看出，此时线圈元件线端接到换向器上的位置向左偏移了 2 个换向片。图 5-90 所示为可逆转单相串励电动机其线圈元件线端在换向器上的起始位置。

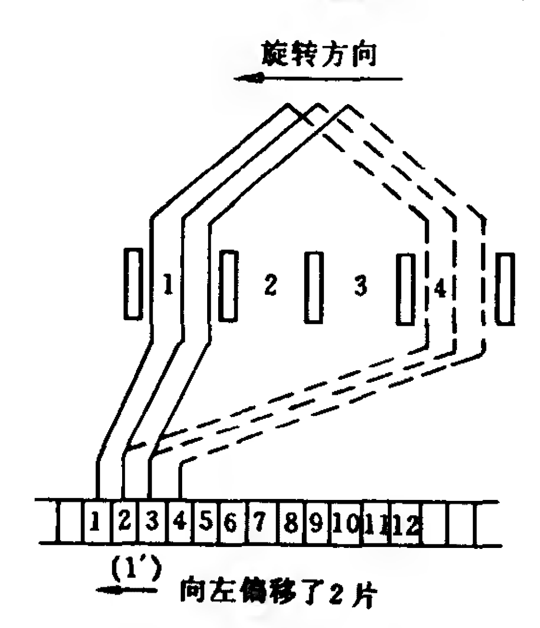


图 5-89　逆时针旋转方向时线端的起始位置

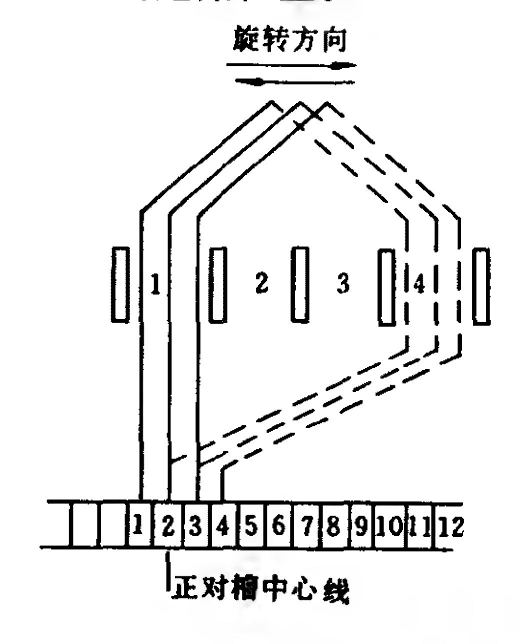
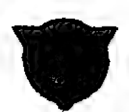


图 5-90　可逆转电动机线端的起始位置

四、电枢绕组故障的修理

电枢绕组是单相串励电动机结构中任务最繁重、使用条件最恶劣、而又最易损坏的部件。单相串励电动机的绝大多数电气故



障都是发生在高速旋转的电枢绕组上，图 5-91 所示即为单相串励电动机电枢绕组各种故障的简要示意图。电枢绕组常见的故障主要有：绕组或换向器通地、短路、断路和接错等。同时，由于电枢绕组通过换向器上的换向片将单个线圈元件连接成一个整体绕组，因而换向器本身发生的通地、短路故障，就必然会由绕组反映出来。以下简介电枢绕组和换向器的这些故障及其修理。

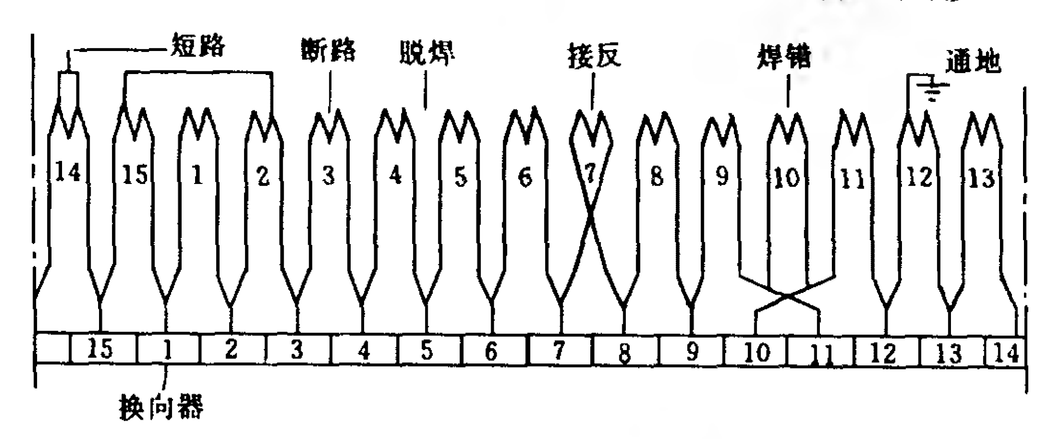


图 5-91 电枢绕组各种故障示意图

1. 电枢绕组的通地故障

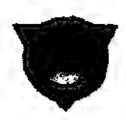
电枢绕组的通地故障一般发生在铁心两侧的槽口、绝缘被毛刺或金属杂物损伤的槽中，以及易受潮气、污物侵害的换向器等薄弱的地方。

（1）通地故障的检查。

对通地故障可以采用以下几种方法进行检查。

1）外观检查。仔细察看铁心两端槽口绝缘、槽底绝缘有无电弧烧伤、破裂，槽内绝缘有无移动而使线圈直接与铁心碰接通地的地方。如找不到接地故障的痕迹，则需要采用其他方法深入进行通地故障的检查。

2）试灯或仪表检查。图 5-92 所示为用试灯法进行检查通地故障时的接线，图中将电源的一根线直接接到转轴上，另一根线则串接一个灯泡后去接触换向器。此时如灯泡不亮，说明绕组或换向器与转轴之间未形成通路，也就是说绕组和换向器均无通地故障；如灯泡发亮，说明绕组或换向器与转轴已接通，电枢绕组



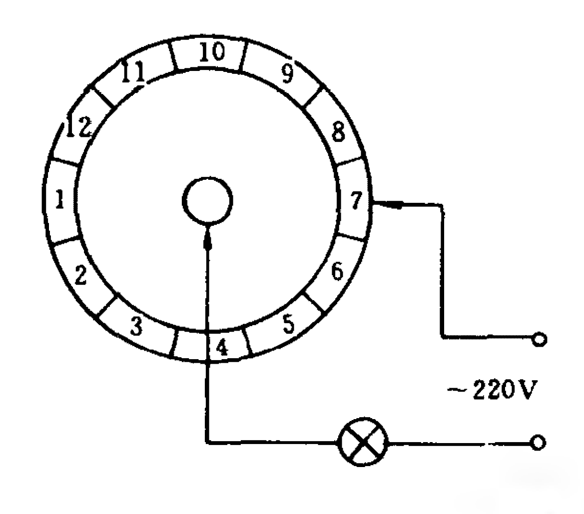


图 5-92　试灯法检查电枢通地故障

或换向器存在通地故障。用灯泡的明暗来检查故障的试灯法，是检查电枢绕组通地故障最常用的方法。

如图 5-93 所示电枢绕组或换向器通地故障也可以用电阻表进行检查，这时可将表的一根线端接到铁心或转轴上，表的另一根线端则接触在任一换向片上。如此时电阻表指示为通

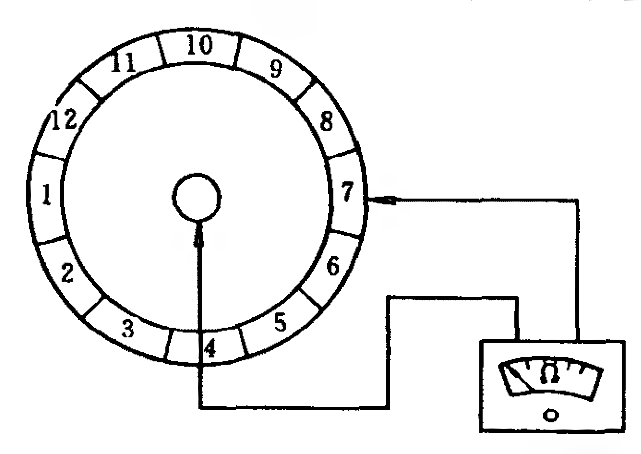
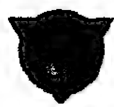


图 5-93　用电阻表检查电枢通地故障

路，说明绕组或换向器有通地点，这时应继续逐片测量，当发现有电阻值为零或最小时的一片换向片，该换向片就有可能是通地故障所在位置。在通地故障不太明显时用试灯法或电阻表法检查，有可能会因电压太低而较难很快查出故障，这时如采用电压较高的兆欧表检查就较容易找出通地故障的位置。

3）短路侦察器检查。用短路侦察器检查电枢绕组或换向器的通地故障，将会更迅速和更准确。如图 5-94 所示将电枢平放在短路侦察器的开口铁心上，待侦察器接通电源后，即用一只手将电枢徐徐转动，另一只手则将金属镊子的一条腿接触到电枢转轴上，镊子的另一条腿依次接触每片换向片。当接触部分换向片后如没有火花产生，证明绕组或换向片无通地现象，如发现有火



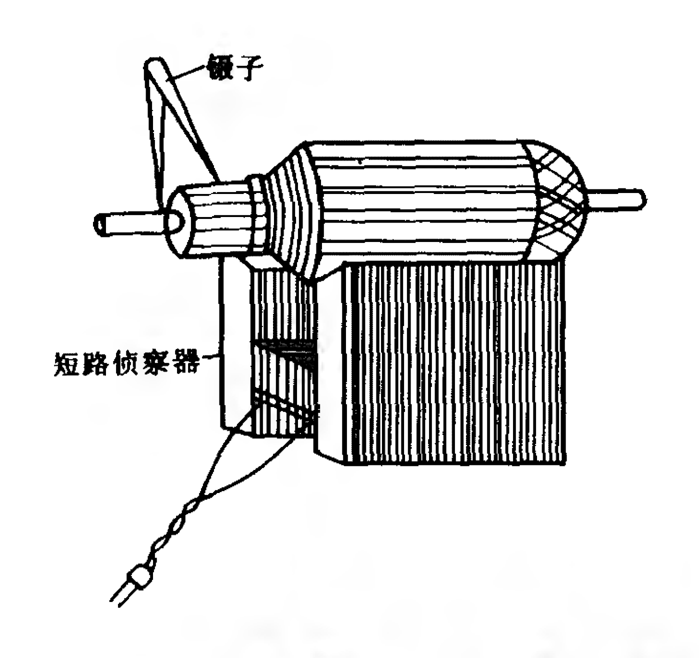


图 5-94　用短路侦察器检查电枢通地故障

花出现，说明绕组或换向器存在有通地故障。此时就应继续逐片测试并仔细观察每一换向片上火花的大小，火花最小或没有火花的换向片就极有可能是通地故障所在之处。

此外还可以用短路侦察器配合低读数电压表（0～10V）来检查通地故障的位置。检测时将电压表的一根线端接在铁心或转轴上，表的另一根线端则接触在换向器上。当测量部分换向片后，如电压表的指针无反映，就证明绕组和换向器均无通地故障。如测量到某一换向片时，电压表有指示，表明此处存在有通地故障，应继续加强检试。当测到电压为零或最小时的某一换向片，此处就极可能是通地故障所在的位置。

（2）通地故障的修理。

通地故障的修理要视具体情况而定，如通地故障是发生在槽口、端部等绕组的外部位置，一般都是较容易修好的。修理时可用理线板将线圈与铁心碰触处小心地撬开，并采用新的同等绝缘材料插入绝缘破损处予以修补。

如绕组通地故障发生在铁心槽内，并且绝缘被击通地的线圈元件只有一个，可采取如图 5-95 所示的废弃法进行修理。修理时可先将通地线圈的线端从换向片上焊下来，并把焊下来的线端用绝缘带分别包扎好，使线圈之间及与换向片之间不再接触，也

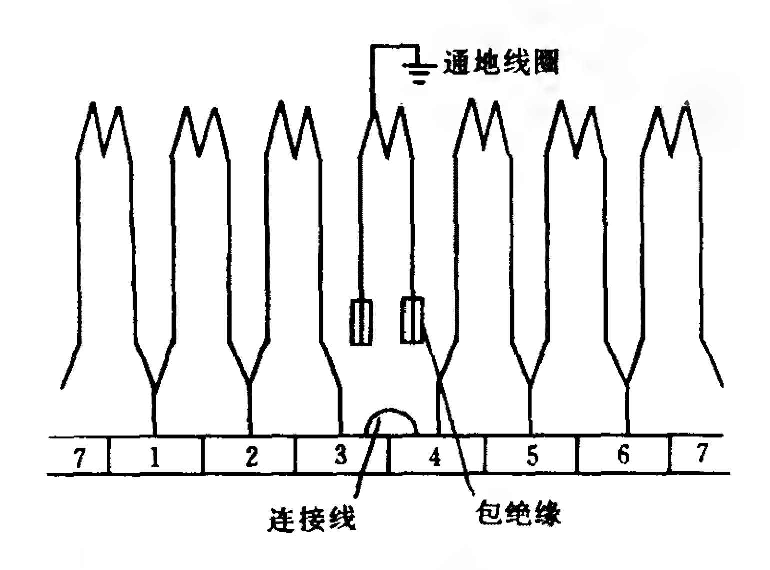


图 5-95 废弃一个通地线圈的处理方法

就是让这个通地线圈元件完全以电路脱离废弃不用。然后将焊下通地线圈线端的两片换向片用连接线联通焊好即可。

单相串励电动机电枢绕组或换向器出现通地故障后如仍继续运行，除了会因电动机壳体带电危及操作者安全外，电动机的转速将比正常运行时要慢很多。电枢还将产生强烈振动和出现异常的大火花，短时内电枢绕组会产生极高的温度，如继续运转，很快就会因高温而使电枢绕组烧毁。

2. 电枢绕组的短路故障

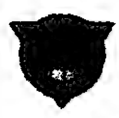
单相串励电动机的电枢绕组或换向器发生短路故障的情况是比较多的。

（1）形成短路故障的原因。

1）电动机长时期超负载运行，使电枢电流超过额定值，因而引起电枢绕组严重发热，温升大幅提高以至绝缘材料加速老化，如超载时间过长很容易因机械振动、过电压等其他因素而引发电枢绕组短路故障。

2）电枢在高速旋转中由于电刷与换向器之间在不断摩擦，使碳粉、铜屑等残留在换向片之间的沟槽中。这些导电杂质如积累多了，会使相邻两换向片连通而造成短路故障，也就使与这两个换向片连接的线圈元件发生短路。

3）电枢绕组内线圈组之间所承受的高电压，以及换向器每



分钟万次以上激烈换向而感生的较高换向电势，在这两种高电势的长期作用下较易击穿薄弱、受损的绝缘导线和线圈。尤其是在负载过重、绕组受潮、导电杂质过多等情况下更容易导致绕组线圈间的短路。

（2）电枢绕组的短路故障的类型。

根据其短路位置的不同，通常可分为以下三种情况：

1）一个线圈元件内本身的线匝间短路，称为匝间短路。

2）同一槽内的线圈元件与线圈元件间短路，称为线圈短路，如图 5-96 所示。

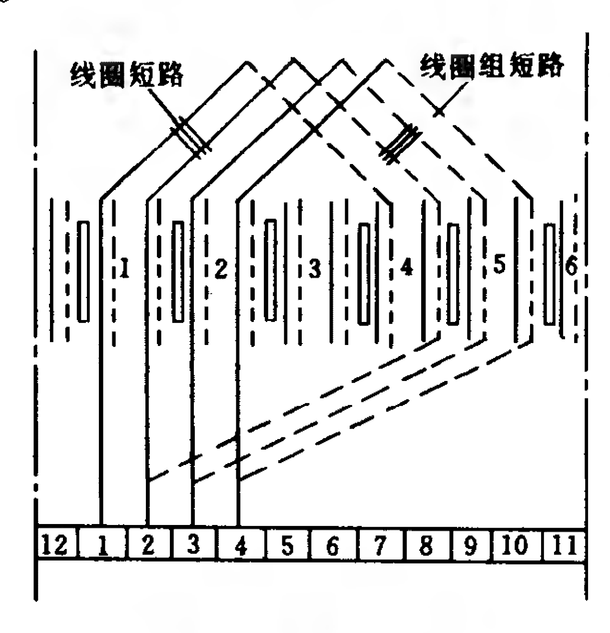


图 5-96　线圈间、线圈组间的短路

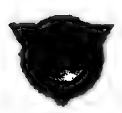
3）一个线圈组的线圈与另一个线圈组的线圈短路，称为线圈组间短路，如图 5-96 所示。

（3）短路故障的检查。

电枢绕组或换向器的短路故障，可以采用以下方法进行检查。

1）外观检查。应仔细察看绕组两端的槽口、端部、换向器等处，看是否有碰伤、烧伤等短路痕迹。如看出有异常之处，需采用其他检试方法作进一步的检查。

2）短路侦察器检查。检查方法如图 5-97 所示将电枢平放在短路侦察器的开口铁心上，再用一段小铁片或锯条平放在电枢的



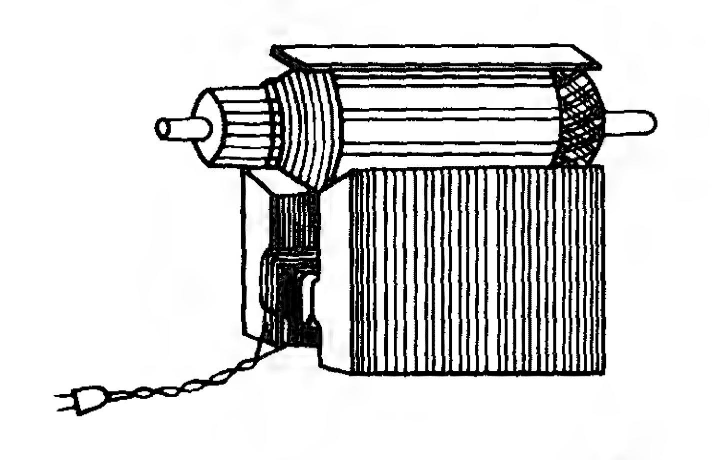
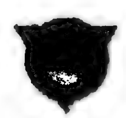


图 5-97　用短路侦察器检查电枢短路

一个铁心槽上。待短路侦察器接通交流电源后，用一只手慢慢转动电枢，并使电枢的每个槽逐次朝上，另一只手拿锯条放在朝上的槽上，进行逐槽试验。如全部槽都测试过以后，而锯条在任何槽上都没有产生振动或都只有相同程度的轻微振动，说明电枢绕组或换向器均不存在短路故障。如果锯条在某个槽上产生剧烈振动，并伴有严重响声时，证明该处绕组确有短路故障。这时就要继续检测以进一步查明究竟有几个槽存在短路现象，如只有两个槽使锯条产生振动，表明只有一个线圈组发生短路故障。故障可能是这个线圈组内的线圈相互短路，但也有可能是一个线圈内的线匝短路。如果有三个以上的槽使锯条产生振动，可能是每个使锯条产生振动的槽内都有线圈短路，或也可能是线圈组间相互短路所致。因为当线圈组与线圈组相互短路，就破坏了电枢绕组内原来平衡的两条对称并联支路，使许多本来并没有短路现象的槽内线圈，却有很大的短路电流通过，因而产生了很强的交变磁场，使锯条在许多没有短路故障的槽上错误地发生剧烈振动。所以在用短路侦察器检查电枢绕组或换向器的短路故障时，只能证明电枢绕组或换向器是否存在短路故障，但却不能认定属于哪种短路，因而也就难以确定短路故障的准确位置。遇到这种情况时，就要使用电压表来配合检查，用电压表去依次测量相邻两换向片（即一个线圈元件）的电压，如图 5-98 所示。无短路故障的线圈或换向片，测出的电压值会基本相同，而当测出的电压为



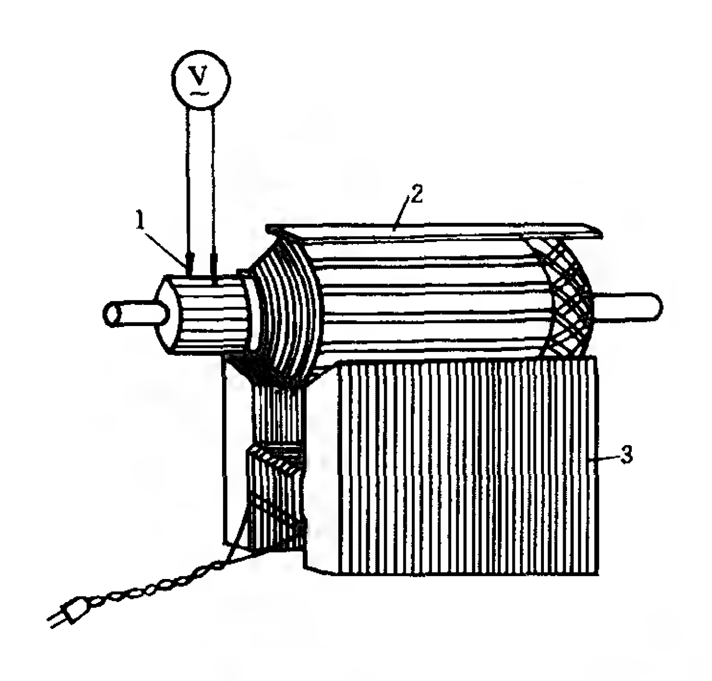


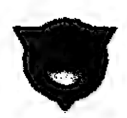
图 5-98 用短路侦察器检查电枢绕组短路

1—表笔；2—锯条；3—短路侦察器

零或数值很小时，即为绕组或换向片产生短路故障的位置。用这种测试方法进行检查的时间不能太长，以免绕组内通过较大的短路电流而产生高温，从而加剧和扩大短路故障。

3）用电阻表检查。当使用电阻表检查每个线圈元件内是否有短路时，可依次测量相邻两换向片间的电阻，如图 5-99 所示。当检查同一槽内的多个线圈元件时，其线端连接的多对换向片所测出的电阻值应完全相同，这样就可以证明它们不存在短路。因为同处一槽内的多个线圈元件是一次绕成的，所以各线圈元件的电阻值都应该相等。但分处各槽中的各线圈组由于不是同时绕制的，难免会存在松紧不一、长短相差的情况，因而各线圈组的电阻数值也就会稍有差异。不过在每个线圈组内各线圈元件的电阻值都将会是相等的。如发现某两换向片间的电阻值特别偏小或为零，说明连接在这个换向片上的线圈元件有可能存在有短路故障。

检查电枢绕组线圈之间是否短路时，可以如图 5-100 所示，先测量换向片 1 和 3、再测量换向片 2 和 4、然后测量换向片 1 和 4。其余的换向片都按这样依次测量，直到换向器全部测完为



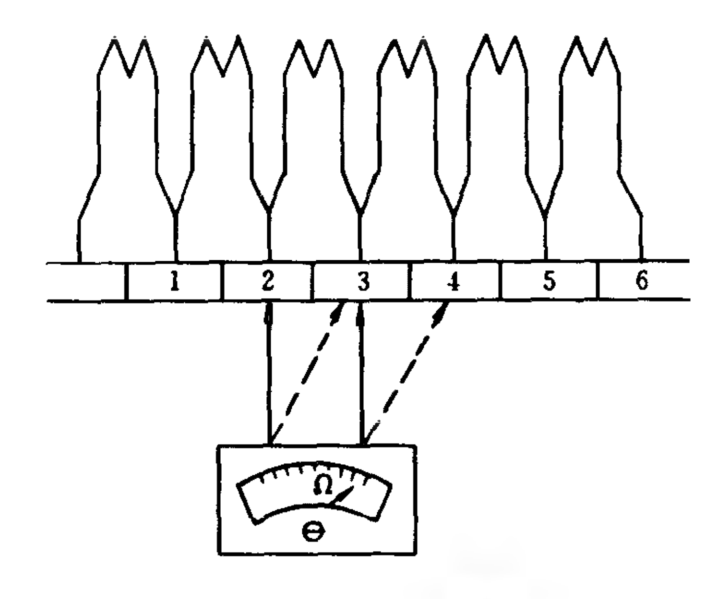


图 5-99 用电阻表检查线圈内的短路

止。如果测得换向片 1 和 3、2 和 4 的电阻值都等于两个线圈元件的电阻值，而换向片 1 和 4 的电阻值则等于三个线圈元件的电阻值时，说明这些线圈元件的相互之间没有短路。如测得的电阻值比上述数值小很多，则线圈组相互间就很可能短路了。

在检查线圈组之间是否短路时，可如图 5-101 所示，将电阻表的两根测试笔分别接触在换向器的相对位置上，依次测量对角换向器的电阻数值。实际进行检测时可采取一只手拿着两根测试笔,用另一只手缓慢而均匀地转动电枢，对换向器进行逐片检查。当电枢转过几圈后，如电阻表的读数始终没有变化，即说明电枢

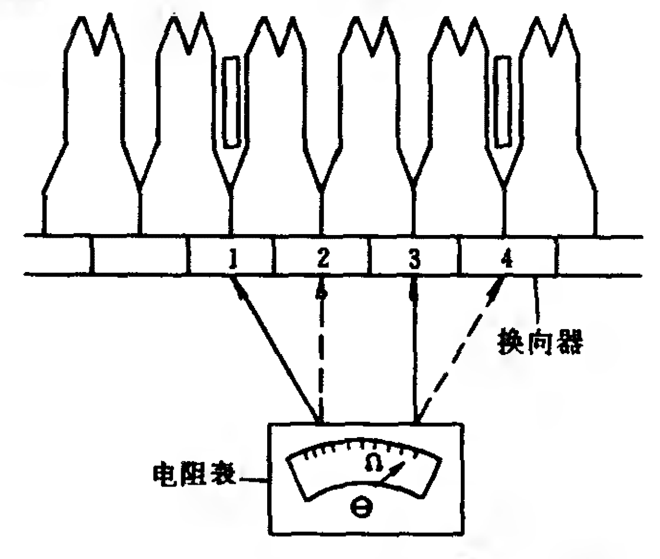
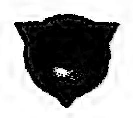


图 5-100 用电阻表检查线圈间的短路



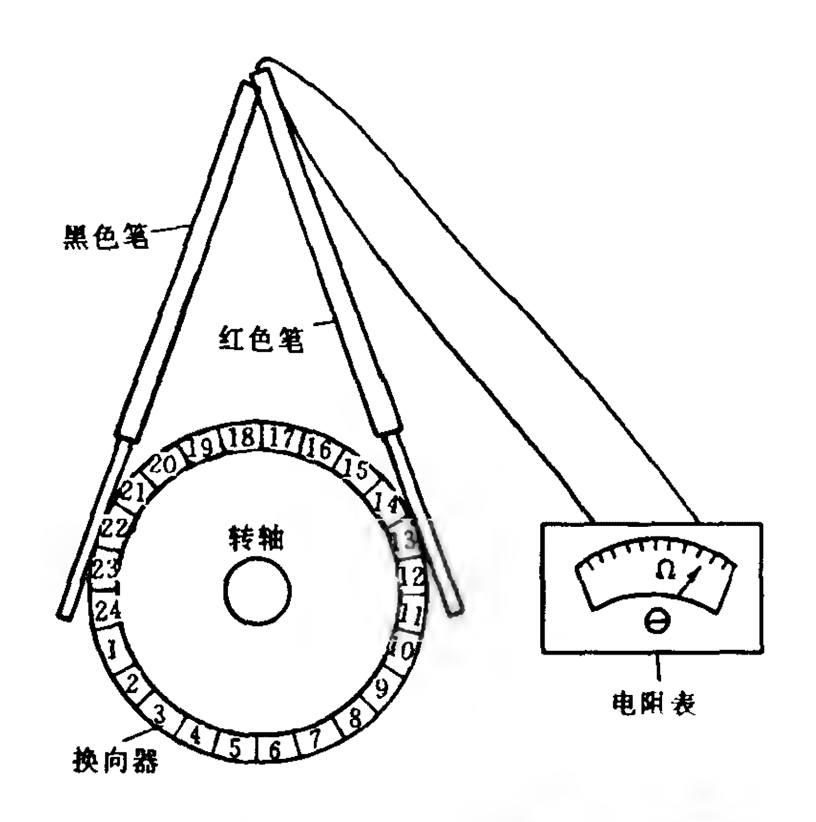
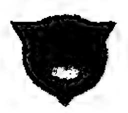


图 5-101　用电阻表检查线圈组间的短路

绕组正常而不存在短路。如果发现在某些换向片上的电阻数逐渐减小，随后又逐渐增大到原来的读数时，就表明线圈组相互间存在有短路故障，此时就应在读数有变化的换向片间反复进行测试。当测试到读数较小的两对角换向片后（例如在图 5-101 中的换向片 12 和 23 处），此时可将电阻表的一根测试笔（假定为红色测试笔）接触在原处不动，而用另一根测试笔（黑色测试笔）从它接触的换向片起，分别逐片测试换向器左、右两个方向的换向片。假如先向左边测量，电阻表的读数为增大，就应改向换向器右边移动测量，这时电阻表的读数将必然会逐渐减小。在测出的读数为最小值的一片换向片上标一个记号，黑色测试笔就接触在做记号的换向片上不动。然后再用红色测试笔以同样方法测出电阻表读数为零或数值最小的一片换向片．并在换向片上也做好记号。实际上这两处做记号的换向片，就是有短路故障的位置，如图 5-102 所示的换向片第 8 和第 16 片。根据上述介绍可知，电阻表虽能查明绕组的短路性质和短路位置，但其检查过程却比较繁琐费时，不如短路侦察器检查简便、迅速和准确。因此，最好



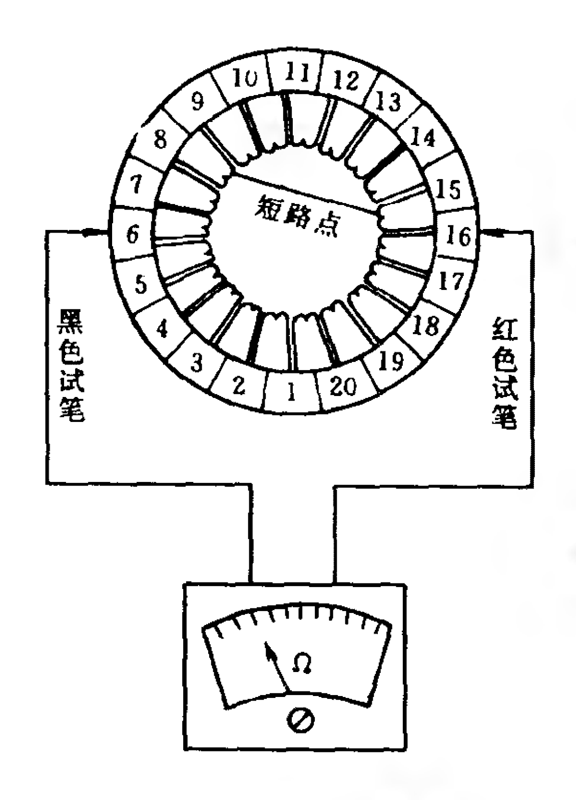


图 5-102　测试出短路位置的方法

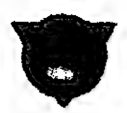
的办法是先用短路侦察器查明电枢绕组和换向器是否有短路故障。根据查出有短路现象的槽数多少和槽的位置做到心中有数，然后再用电阻表做进一步的仔细检查，便能结合两种检测方法的优势，迅速准确地查明短路性质和短路故障位置。

（4）电枢绕组短路故障的修理。

电枢绕组如果仅因端部碰伤而造成几根线匝短路，或在铁心槽外由电弧烧伤造成轻微短路，而短路故障点凭目测就能看出时，这样的故障一般都较易修复。修理时可先将电枢绕组烘热变软，接着用光滑的竹质理线板将故障点上因绝缘层损坏而相互碰触的导线拨开，再用软薄的绝缘带包卷导线或者用绝缘纸将导线隔开，然后刷上绝缘漆烘干即可。

假如只有一个线圈组有短路现象，而短路位置凭眼力又找不到时，先不要考虑从绕组上面着手修理。而应将有短路现象线圈元件的线端从换向片上焊下来，再对绕组和换向器分别进行检查。如果是两片换向片严重短路而又一时不能消除该故障时，则可以采取如图 5-103 所示的方法进行修理。此时可先将有短路故障的两换向片中的任一片上的线端焊下来，使线端与换向片完全脱离开，而焊下来的这两根线端不要分开，它们仍然要焊接在一起，并用绝缘带仔细包扎好。此外，对已经短路的两换向片还应如图 5-103 中所示，用导线连接起来并焊好。经过这样的应急处理后，对电动机的运行性能不会有太大影响，它将仍然可以在电源线路上正常使用。

如果查明故障不是因换向片短路而是由于电枢绕组短路，那



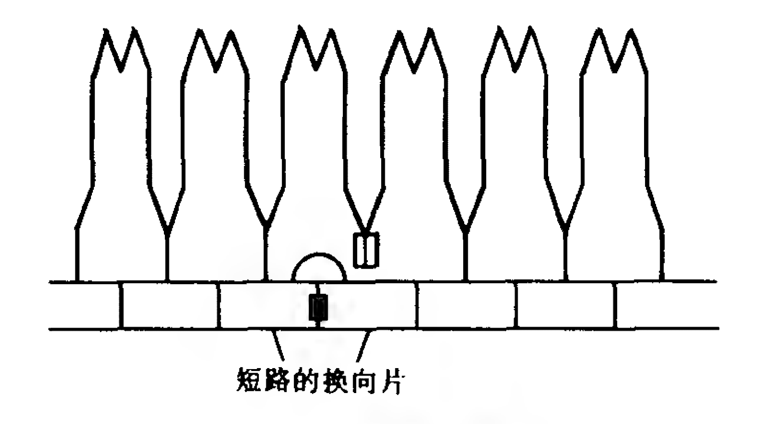


图 5-103　换向片短路故障的应急处理

么最好的修理方法当然就是重换新绕组。如因生产急需而不能马上重换新绕组时，也可以采取暂时废弃故障线圈的方法作应急处理。这时可先将相互短路的线圈线端从换向片上焊下来，焊下来的线端要分开使其不再接触，再把电枢放到短路侦察器上进行检查试验。如仍有短路现象存在，表明绕组烧损已很严重，不能作应急处理，试验时如电枢绕组的短路现象已经消失，说明绕组烧损轻微。此时就可按图 5-104 所示的方法，将已焊下分开的线端用绝缘布带分别包好，焊下线端的换向片也用导线连接起来焊好。经这样处理后因只废弃了两个线圈元件，对电动机运行性能

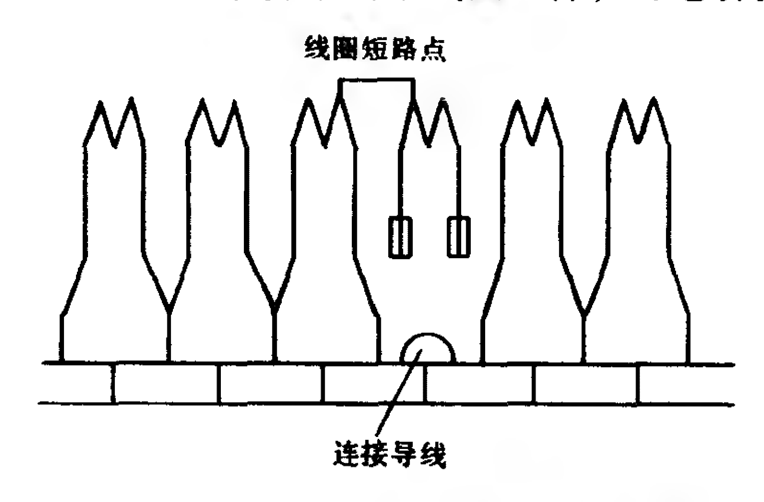
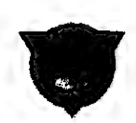


图 5-104　电枢绕组短路故障的应急处理

的影响较小，所以该电动机仍能继续使用。不过由于绕组已有烧损且又作了线圈元件的废弃处理，因而电动机不能再长时期使用，只是作为短期的应急措施，同时还应及早做好重换新绕组的



准备。上述电枢绕组短路故障的应急处理方法简便易行，而且所费时间不多，也不耗费额外的材料，作为电动机电枢绕组修理的应急措施还是可取的。

单相串励电动机的电枢绕组或换向器短路后，将会使电动机的转速降低、力矩减小、电流增大，以及电刷下面将产生强烈的火花而使换向器或绕组烧损。电动机运转时短时间内便会发热冒烟，严重时甚至会在换向器上形成环火，如继续运转，很可能会使电枢绕组或换向器整个烧毁。因此一旦发生短路故障即应对电枢绕组和换向器进行检查并予以修复，以免因故障扩大而造成更大的损失。

3. 电枢绕组的断路故障

断路也是电枢绕组最常见的故障之一。线圈线端至换向片的焊接处是电枢绕组较容易发生断路的地方。其原因是焊接不良或者线端在除去绝缘漆膜时受到损伤，以及焊接过程中线端拉得过紧当绑上端部扎绳后线端因受力过大而损伤。当电动机运转时上述这些情况就可能造成线端在焊接处断裂。此外由于过载或其它原因而使换向器与电刷之间产生较大火花，以至换向器严重过热而将焊锡熔化并造成线端脱焊后形成断路。因发生短路、通地等故障而至导线烧断，也将形成电枢绕组的内部断路。

(1) 电枢绕组断路故障的检查。

电枢绕组断路故障的检查方法如下所述。

1) 外观检查。应仔细检查绕组两端的槽口、端部、换向片接线处等位置，看是否有烧伤、碰坏等断路故障的痕迹。如看不出异常之处，可以采用其他方法进行深入检查。

2) 电阻表检查。使用电阻表能够将电枢绕组断路故障的位置检查出来。当每个线圈元件的电阻值大于 1Ω 的可用万用表进行检测，不足 1Ω 的用电桥表检测。如图 5-105 所示检查时，可任意选取一个换向片开始，以测量相邻两换向片间的电阻。例如先测图 5-105 中的 2 和 3,接着再测量 3 和 4 换向片，直至依次测完全部换向片。如果测完所有相邻换向片间的电阻都基本相等，

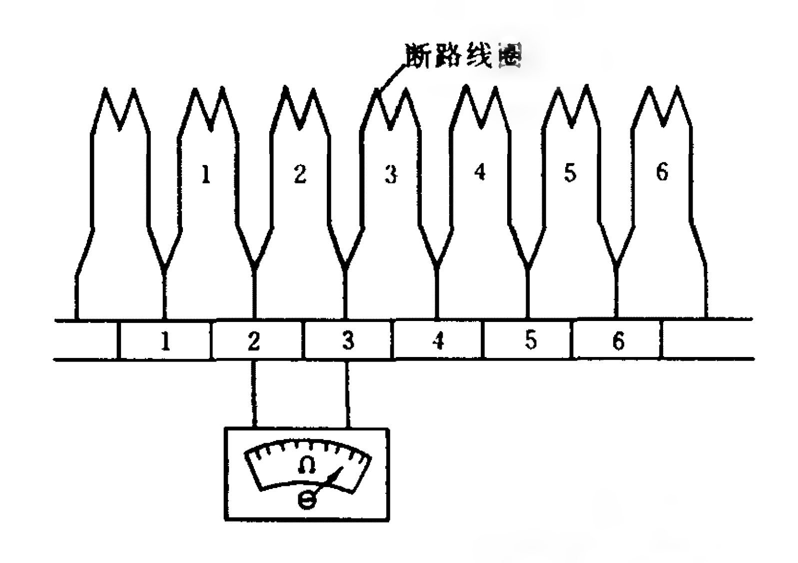


图 5-105 用电阻表检查线圈断路故障

说明电枢绕组没有断路故障。如测得某相邻两换向片间的电阻比其它相邻换向片电阻大若干倍时，说明这两换向片的线圈可能断路。而绕组的其他部分没有断路故障，但仍须继续检测。这是因为有时线圈元件的线端虽然已与换向片断开，但连接的两根线端却仍然接在一起而形成绕组本身没有断路的假象，如图 5-106 中

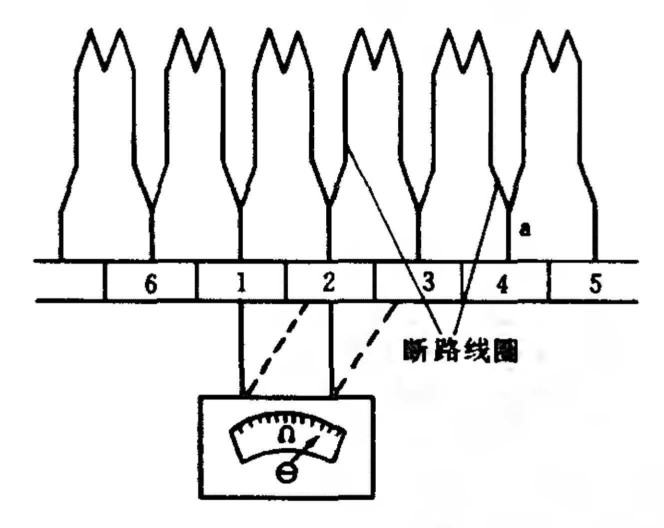
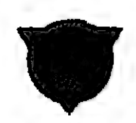


图 5-106 用电阻表检查线圈多处断路故障

a 处的情况。从图中可以看出，当测量到 2 和 3 两相邻换向片时会发现电路不通，此时可再继续测量其它换向片。假如其它相邻两换向片间的电阻值正常时，就可以确定换向片 2 和 3 这两片上的线圈元件已断路，并且还表明在绕组的其他部分还存在有断路故障。通过检测换向片间的电阻，并仔细分析换向片的位置与所测



电阻数值，就可以查出一个或几个断路线圈的位置。

3）短路侦察器检查。电枢绕组的断路也可以采取用短路侦察器进行检查，如图 5-107 所示。进行检查时可将电枢平放在短路侦察器的开口铁心上，接通短路侦察器电源后，即用一段锯条

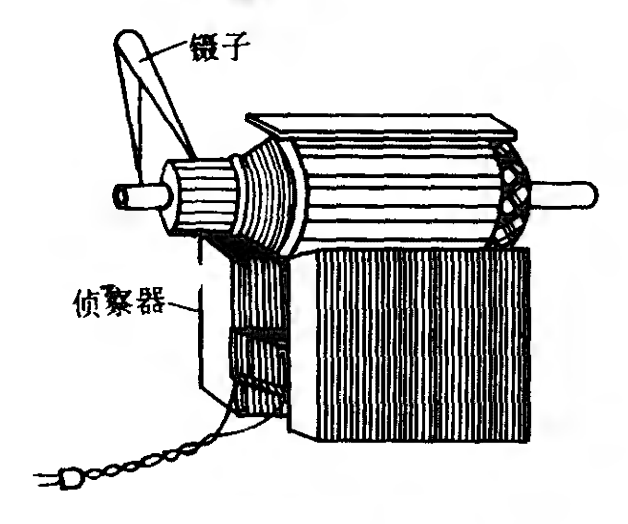
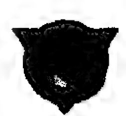


图 5-107　用短路侦察器检查线圈的断路故障

或小铁片平放在电枢的一个槽上。然后再将这个槽内线圈的线端所焊接的换向片，用镊子依次短接相邻两片。如被短接的换向片所焊接的线圈没有断路，就会在线圈中产生很大的短路电流。此短路电流将使该槽产生很强的交变磁场，锯条就会受交变磁场的电磁作用而发生剧烈振动和响声，并且在镊子刚接触到换向片的瞬间还会有火花产生。如果被短接的两换向片上的线圈已经断路，这时被短接的线圈就不会产生短路电流，因而放在槽上的锯条也就不振动，也不会产生火花。所以，只要根据在短接相邻两换向片后，有无火花产生和锯条是否振动，就可判断和检查出电枢绕组的线圈是否断路。

（2）电枢绕组断路故障的修理。

电枢绕组发生断路故障后，电动机就不能正常运转。如果电枢绕组中仅有 1 个线圈元件或 1 处线端断路时，可采用如图 5-108 所示的办法对电枢绕组采取应急处理。这时可将找不到断路位置的线圈元件的两根线端分别用绝缘带包扎好，再用连接线将



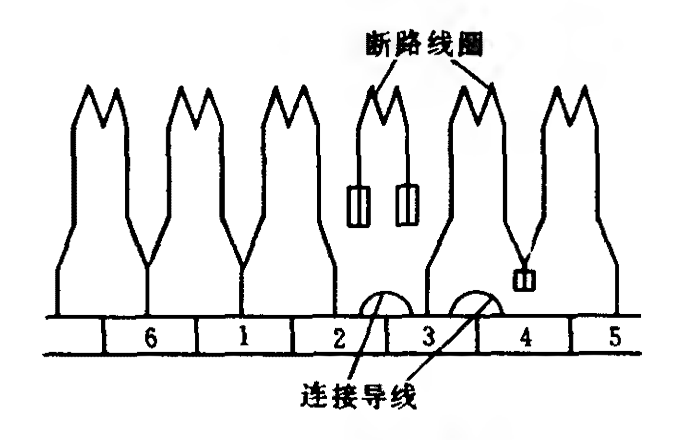
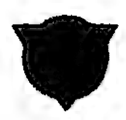


图 5-108　电枢绕组断路故障的应急处理

断路线圈线端所接相邻两换向片短接起来即可。当电枢绕组断路情况较严重时，例如绕组的线圈元件断路比较多，或其两条并联支路中都有断路故障存在等。则电枢绕组的通电回路完全中断，电动机就不能正常起动和运转。如断路故障比较轻微时，电枢绕组的通电回路只有部分中断，仍保留有部分通路，所以在接通电源时电动机仍能转动，并且其空载转速也仍可能正常。但是在电刷与换向器之间，将会发生较大的火花，并沿换向器圆周形成细火环。当电动机带有负载时，其转速将迅速降低，转矩也大为减小，同时还将会出现较大的振动现象。它的转速也会很不稳定，时间稍长即会发热而将换向片烧黑、电刷烧损，如继续运转则将使更多的线圈元件线端烧断。

经检测在找到断路故障的大致位置后，就可将电枢绕组端部外面的绑扎蜡线部分拆除，仔细找出断路故障的确切位置。如果只是线端焊接处脱焊，就只须重新焊接牢固即可；如线端断路处在电枢绕组端部时，就须再拆除一部分端部扎线，将断路处重新焊接后，并包好绝缘带和套上绝缘套管，然后重新绑扎电枢绕组的端部扎线；如果绕组的断路处存在于电枢铁心槽内，此时可将有断路故障的线圈所连接的两换向片上跨接一根短接铜线，或将这两相邻换向片直接短路，经这样处理后，电动机运行时，性能不会有大的变化，所以仍可继续使用。不过，当电枢绕组的断路过多时，不能采用这种废弃线元件的方法处理。因为被直接短接



的线圈元件愈多，就将造成电枢绕组的有效元件数愈少，使电动机的转速极不稳定，并引起电枢绕组严重发热。因此，当电枢绕组中出现有 2～3 个线圈元件断路时，就必须重换新的电枢绕组。

4. 电枢绕组接反的故障

电枢绕组接反的故障多发生在绕组局部修理或重绕之后，由于接线时的粗心和疏忽而将线圈元件接到换向器上的线端接反或接错。电枢绕组接反、接错故障通常有下述两种情况。

（1）线圈元件接反。

从前述已知，单相串励电动机电枢叠绕组，其线圈元件之间的正确接法应该是相邻线圈元件之间的首端与尾端相接。例如线圈元件 1 的尾端与线圈元件 2 的首端共接在同一个换向片上，其余线圈元件都按这样首、尾端串连接到一个换向片上，依次相接下去，直至将最后一个线圈元件的尾端与线圈元件 1 的首端相联，从而构成一个整体的闭合绕组。但如图 5-109 中线圈元件 2 所示，从图中可以看出，线圈元件 1 与线圈元件 2 之间都是尾端与尾端相连接，线圈元件 2 与线圈元件 3 之间成为首端与首端相联。显而易见此处线圈元件 2 的首、尾线端接反了。

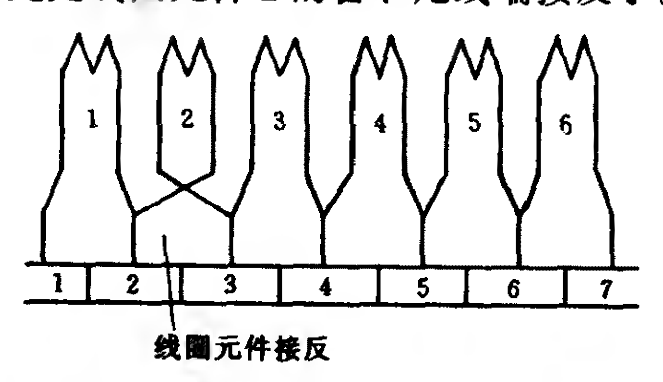
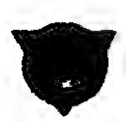


图 5-109　线圈元件的线端接反故障

（2）线圈元件的线端位置接错。

从图 5-110 中线圈元件 4、5、6 的连接可以看出，这三个线圈元件之间仍然是按相邻线圈元件首、尾端串联的。但是，其线圈元件线端接到换向器上的位置却接错。此时线圈元件 4 和 5 的



首、尾端原应接到换向片 5 上，但实际却接到换向片 6 上；而线圈元件 5 和 6 的首、尾线端原应接至 6，实际上却接到换向片 5 上。这种线端接线位置的错误，实质上将导致线圈元件 2 的反接。

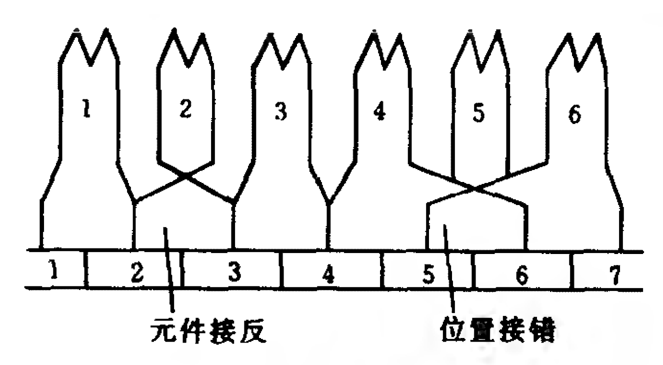
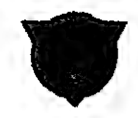


图 5-110　线圈元件线端接反、位置接错

不论是线圈元件接反或者是接线位置错误，都将对电动机的性能带来许多不利影响。由于线圈元件接反和线端位置接错，大都是发生在电枢绕组重绕后，因此，当进行重换电枢绕组接线时一定要认真、仔细。接线完毕应作必要的检查和试验，以尽量避免线圈元件接反和线端位置接错故障的出现。现将检查这些错误的常用方法简介如下。

1）电阻法检查接线位置是否正确。如图 5-111 所示，采用电阻表测量相邻两个换向片之间的电阻。如果接线位置没有错误，则两个相邻换向片之间只应接有一个线圈元件，例如该图中的线圈元件 2。这时，用电阻表测量到的应该是一个线圈元件的电阻值。如接线位置错误例如图 5-111 中换向片 4 和 5，这时在换向片 4、5 之间虽然仍只连接了一个线圈元件，并且在电阻表上测量到的也仍是一个线圈元件的电阻数值。但是在接线位置错误的前面或后面一对换向片，它们之间则串联了两个线圈元件，如图中的换向片 3 ~ 4 或 5 ~ 6。此时如用电阻表去测量测到的将会是接近两个线圈元件的电阻值，即指示出为此前测到的双倍读数。因此，根据上面的检测与分析，采用电阻表测量换向片片间电阻的方法是能够顺利找出接线位置错误故障的。



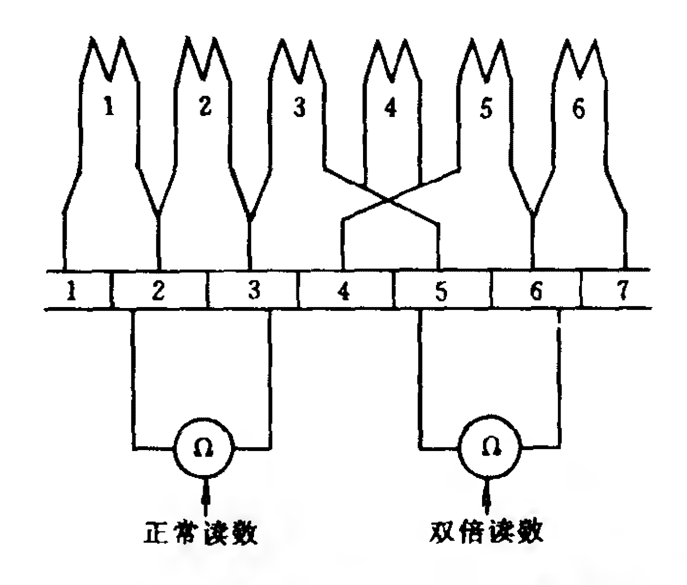


图 5-111　用电阻表检查线端位置接错

2）电压法检查接线位置是否正确。如图 5-112 所示将一个低压直流电源接入电枢绕组内，再用一支电压表依次测量每两个

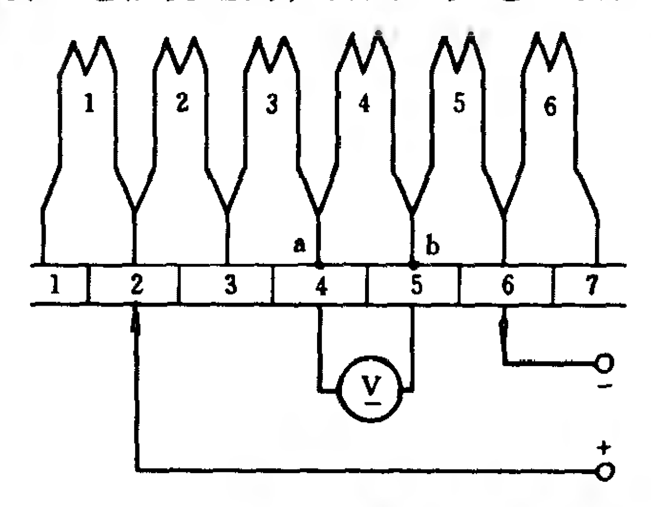
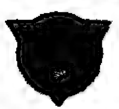


图 5-112　接线位置正确时为正常读数

相邻换向片之间的电压。当接线位置正确时，电压表将指示出一个线圈元件的电压读数。而当测量到接线位置错误的两个换向片时，如图 5-113 中的换向片 4 和 5，电压表将指示出反向读数。而当电压表接到反向线圈元件前面或后面的换向片时，电压表将指示出双倍读数。其接线正确的线圈元件所对应的换向片，它们的片间电压则都为正常值。

（3）线圈元件接反故障的检查。

虽然线圈元件反接和接线位置错误都是线圈元件到换向器接



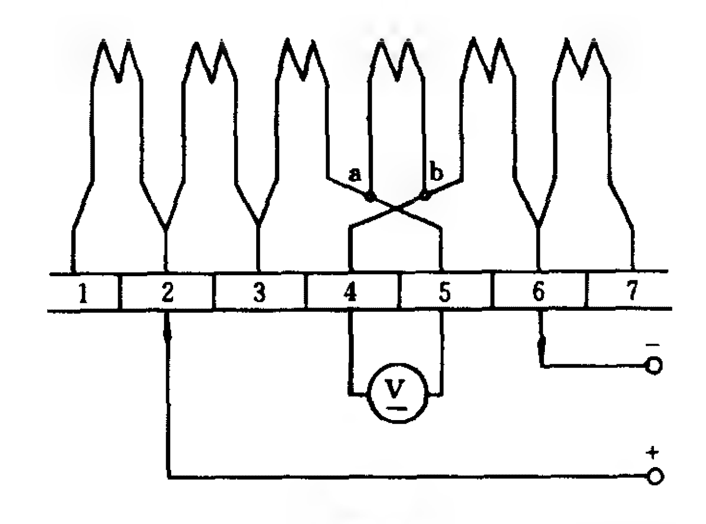


图 5-113　接线位置错误时为双倍读数

线错误所引起的，并且接线位置错误也会引起线圈元件实质性接反，这两种故障的检测方法却完全不同。要检测线圈元件接反的故障，须采用下面介绍的指南针法或条形磁铁法。

在应用指南针法检查线圈元件接反故障时，应在线圈元件已按照相邻线圈元件首、尾端相接的原则全部串联起来，但要在线圈元件尚未焊接到换向器之前进行，因为这时改正接线错误较为容易。

检测时可将低压直流电源依次接入每个线圈元件，再用指南针分别测量每个线圈元件端部的磁场极性。当测到接反的线圈元件时，指南针将会向相反的方向指示，如图 5-114 所示。线圈元

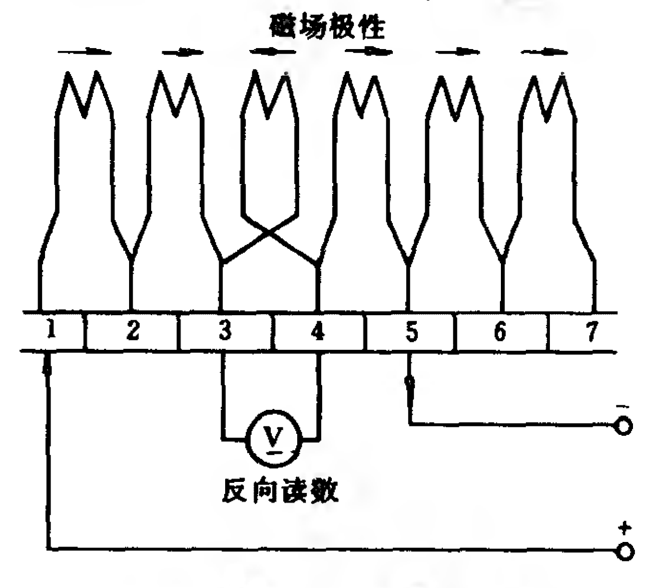
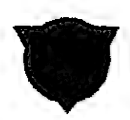


图 5-114　线圈有反接故障时的磁场极性



件连接正确时的磁场极性如图 5-115 所示。

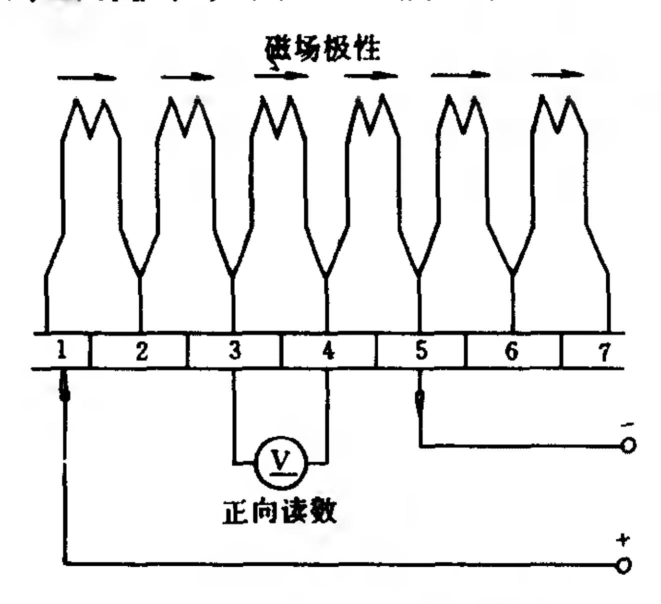


图 5-115　线圈连接正确时的磁场极性

检测线圈元件接反的另一种方法为条形磁铁法。检测时可将磁铁在电枢铁心槽口逐一移动，这时由于磁铁的磁力线切割电枢的线圈元件，因而被切割的每一个线圈元件内部都将产生感应电势。这时如将一支毫伏表连接在与反接线圈相连的两个换向片上，毫伏表指针将指示出反向读数，而其他接线正确的线圈元件所测到的都为正向读数。详细情况如图 5-114、图 5-115 所示。

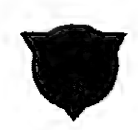
第 10 节　笼型转子绕组的故障修理

笼型的转子绕组一般极少损坏，但因材料质量或制造工艺差、结构设计强度弱，或起动频繁、操作不当、急促的正反转造成剧烈冲击等原因，也有可能导致笼型转子损坏。笼型转子绕组铸铝导条断裂就是一种常见的故障。转子绕组断条后将使单相电动机的转矩减小，负载运行时其转速下降、起动困难和电磁噪声和振动增大等。

一、笼型转子断条故障检查

检查笼型转子断条故障常用方法有以下几种。

1. 外观检查法



对防护式单相电动机的检查，可以在电动机起动时，仔细观察转子与定子之间的气隙处，看是否有火花闪动，如有火花出现，说明转子笼型绕组很可能有断条故障。这时可以拆开端盖取出转子，并认真检查转子铁心表面和端环处，看是否有断裂和过热变色的地方，如有上述现象，多为笼型绕组断条故障所在。

2. 铁粉检查法

利用电磁原理在转子端环的两端接入极低电压的电源，然后将铁粉撒在转子铁心表面上，并逐渐升高电压，使转子铁心的磁场增强到能吸住铁粉为止。此时如转子铁心表面的铁粉能按照槽的方向整齐排列，即说明笼型转子绕组可能没有断条故障。如转子铁心某槽表面不能粘住铁粉或所粘很少时，则该槽笼型绕组的导条可能发生断裂。

3. 短路侦察器检查法

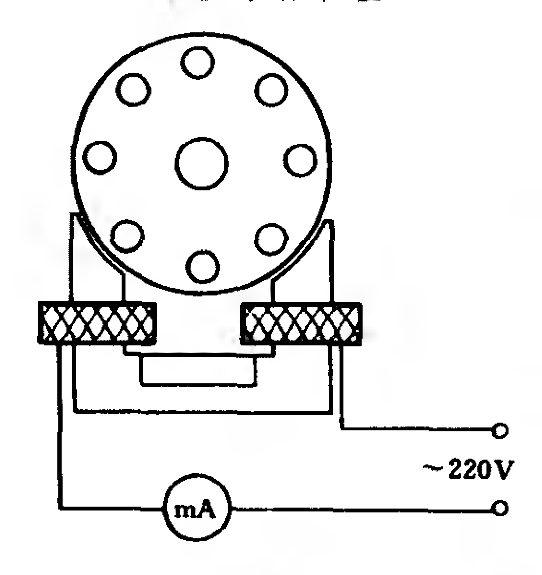


图 5-116　短路侦察器检查转子断条

如图 5-116 所示在特制的短路侦察器上串接一个电流表，短路侦察器的开口铁心呈弧形以吻合转子铁心圆形面，使转子能在短路侦察器上沿开口铁心滚动。检查时应对转子表面所有槽逐槽进行，如转到某槽时，电流表数值突然明显下降，说明该槽内的导条已经断裂。检查也可以不用电流表来进行，而是改用一根锯条或小铁片放在所测槽口上来测试。如锯条或铁片被吸住，即说明该槽导条没有断裂，如锯条或铁片不被吸住则说明该槽内导条已经断裂。

4. 更换转子试验法

将型号、规格完全相同的单相电动机另一个转子换上，并且试运行一段时间。如果电动机在负载能力、转速、温升、振动和噪音等方面都正常，则说明被换下的转子笼型绕组中存在断条故

障。

二、笼型绕组断条故障的修理

转子笼型绕组断条故障位置检查出来后，可按以下几种方法进行修理。

（1）如发现断条是在槽外或端环等明显的外露部位时，可以采取将裂纹凿成 V 形槽的形式，然后用气焊予以修补即可。

（2）如果是个别笼条断裂时，则可将该槽导条钻掉并将槽内清理干净，然后制作一根与转子槽形相同的铝条打入钻空的槽中，再将铝条与两侧的端环用气焊予以焊牢即可。

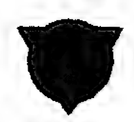
（3）如转子导条断裂较多时，则应全部更换笼型绕组。此时先要车去转子两端的铸铝端环并用夹具将转子铁心夹紧，以防转子散架，然后将各槽内的铝导条钻掉，换上比铁心稍长的紫铜条，在转子两端的槽口处将铜条朝同一方向弯曲重叠，再用气焊将弯曲重叠的铜条焊成端环，最后将端环车削加工并经平衡试验后装上即可。

第 11 节　单相串励电动机励磁绕组及整机连接

单相串励电动机的励磁绕组都嵌置在定子机壳上，它们先按照规定的接法连接起来，然后再将定子励磁绕组与电枢绕组串接起来，整机连接以后接入电源。以下简单介绍这些接法。

一、串励电动机励磁绕组的连接

串励电动机的励磁绕组都嵌装在定子磁极铁心上，功率较大的电动机还加装有换向绕组和补偿绕组。励磁绕组用来产生主磁场，它大多采用集中式磁极线圈形式。换向绕组嵌置在换向极铁心上，它主要用来改善电动机的换向。补偿绕组用来抵消电枢反应，以改善电动机的换向条件和运行性能。在电动工具和家用电器中使用的单相串励电动机一般都只设置励磁绕组，主要是因为它们的功率都比较小的缘故。图 5-117 所示为 2 极单相串励电动机励磁绕组的连接，从图中可以看出，其连接采用的是“头与头



相接、尾与尾相连”的显极接法。图 5-118 所示为带换向绕组的单相串励电动机绕组连接。

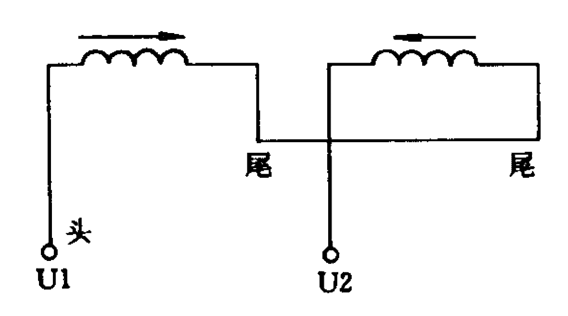


图 5-117 励磁绕组接线示意图

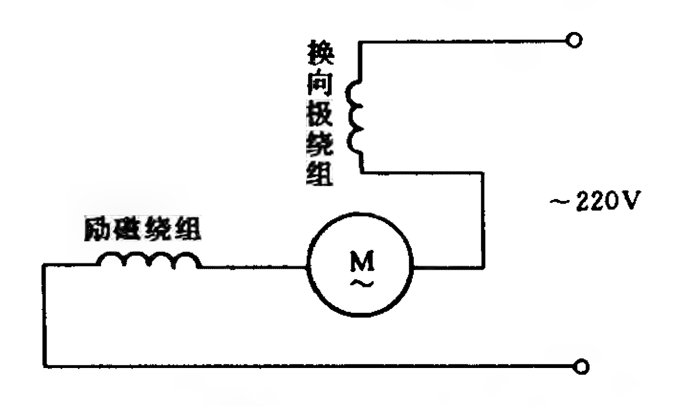


图 5-118 带换向极绕组的接线示意图

二、串励电动机的整机连接

单相串励电动机定子励磁绕组与电枢绕组的整机连接都采用串联接法。其串联连接方式分为两种，一种为两个磁极的励磁绕

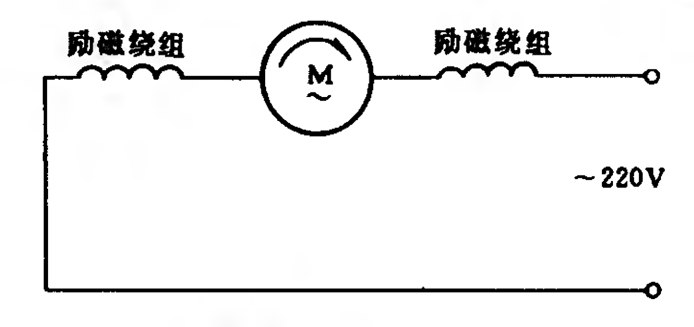
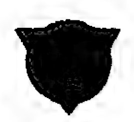


图 5-119 励磁绕组串接在电枢两端的接法

组分别串接在电枢绕组两端，图 5-119 所示即为这种连接方式。另外一种为定子励磁绕组的两个磁极线圈，先按照显极接法连接



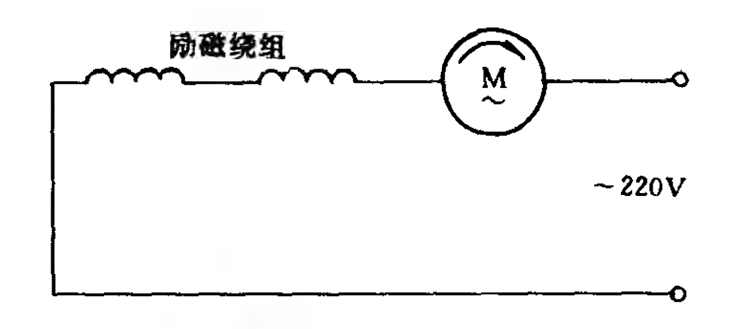


图 5-120　励磁绕组串接在电枢一端的接法

起来然后再与电枢绕组串联起来，图 5-120 所示即为这种接法。在单相串励电动机的整机连接中，上述励磁绕组与电枢绕组的两种串连接法其原理相同，但在实际应用中图 5-119 所示接法用得较为普遍。

三、交、直流两用串励电动机的接法

当单相串励电动机在交、直流两种电源下运行时，其机械特性将发生不同的变化，图 5-121 所示即为单相串励电动机在交、直流电源下运行时的机械特性曲线。

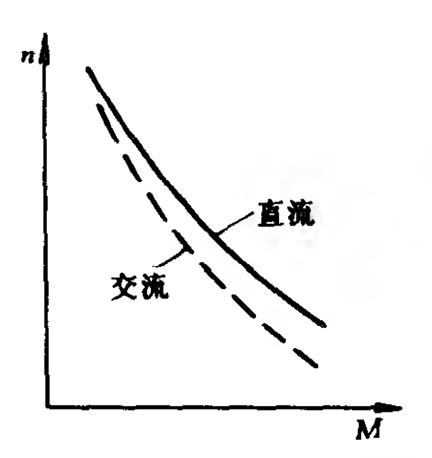
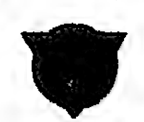


图 5-121　运行在两种电源下的机械特性

图中的实线是在直流电源下运行时的机械特性，虚线则是在交流电源下进行时的机械特性。从这两条曲线可以看出，当电动机的转速愈低，交流转速 $n_{\sim}$ 低于直流转速 n_{-} 的数值也愈大。其所以出现这种情况是因为单相串励电动机的转速降低后，功率因数也会随之降低，而功率因数越低，则交流转速 $n_{\sim}$ 低于直流转速 n_{-} 的数值将越大。所以单相串励电动机在交流电源下运行，比在直流电源下运行时的机械特性要软，并且其机械特性的下降速度也更快。因此，从单相串励电动机的实用情况来看，如串励电动机的额定转速比较高，那么它的功率因数也就会比较高，其交流转速 $n_{\sim}$ 与直流转速 n_{-} 就会比较接近。例如电动工具用单相串励电动机，其转速高达 9900～14300r/min。这样，它在使用时就无须采



取特殊措施，即可在交流、直流两种电源下运行，其电气、机械性能也基本相同。

如果单相串励电动机的额定转速比较低，它的功率因数也就会比较低，这时交流转速 $n_{\sim}$ 的数值低于直流转速 n_{-}的数值就会比较大。为了保证单相串励电动机在两种电源下工作时，其转速和各项性能较为接近。则电动机接到直流电源上运行时需增加励磁绕组匝数，以增大磁通。使单相串励电动机在直流电源下运行的转速降低，从而达到在两种电源下电动机的转速和性能相近。通常增加的线匝均匀分串在励磁绕组的两端，如图 5-122 所示。SU 型交、直流两用串励电动机的额定转速只有 2500r/min，

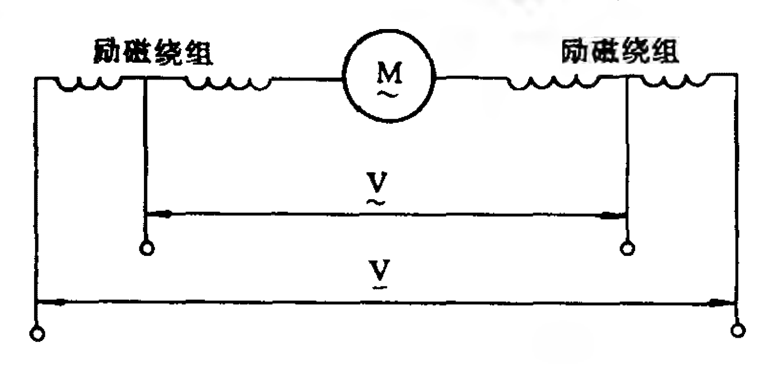


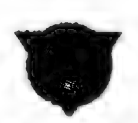
图 5-122　运行在交直流两种电源的绕组图

由于其转速低，因而功率因数也就低，使得交流转速 $n_{\sim}$ 低于直流转速 n_{-}的数值比较大。为了保证在两种电源下运行时具有相同的转速和性能，就增加了在直流电源下运行时单相串励电动机的励磁绕组匝数。

四、串励电动机防干扰电路的接法

单相串励电动机运行时将产生有害的高频电能，该高频电能通过电动机的电源线或者辐射的方式而进入无线接收机，干扰接收质量，严重时甚至无法收视或收听。因此，防止串励电动机产生的高频性能对无线电的干扰，是一个极为重要的问题。

在各类电动机中单相串励电动机是产生无线电干扰最为严重的电机之一。因这类电动机换向过程中所产生的火花及电弧，是产生无线电干扰的主要原因。而单相串励电动机的换向情况比较



恶劣其火花也较严重，以致它产生的无线电干扰比其它电机更为历害。

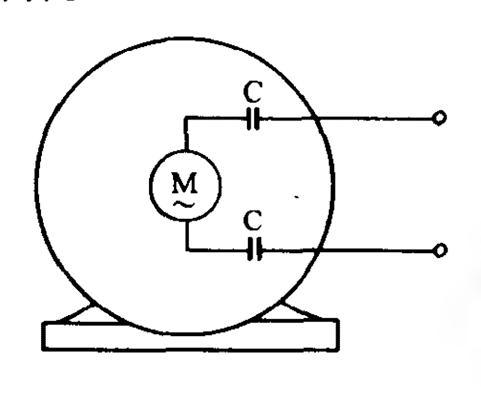


图 5-123　电容器双端滤波电路图

如要减小单相串励电动机对无线电的严重干扰，除应改善换向过程、对干扰源进行屏蔽、机壳可靠接地等方法外。还可以采取定子励磁绕组对称连接和增加滤波电路的办法，来抑制和削弱单相串励电动机对无线电的干扰，图 5-119 所示即为采取将定子两个磁极的励磁绕组分接在电枢两端的对称接法。这种接法对抑制无线电的干扰效果比较好，因为此时电动机的两根电源线都接有励磁绕组，它们都有一个很大的阻抗，所以不论干扰经任一根电源线传导，都将会受到很大的抑制而被削弱。

对于由电源线向外传播的干扰，也可以采用图 5-123 所示的方法，接入电容式滤波器来进行抑制。由于两根电源线都可以向外传播干扰，所以每根电源线上都应接有电容器来滤波。如电枢绕组的一端已接在机壳上，则干扰只能从另一个线端向外传播，这时就只需要在这个线端接上滤波电容即可，如图 5-124 所示。该滤波电容器的电容量一般均在 0.1～1μF 之间，具体数值则须经试验而定。所用电容器应优先选用电感系数较小的穿心电容。如果电容滤波仍达不到所需的干扰抑制程度时，可附加一个电感量约为 50～500μH 的高频扼流圈，它与电容器组成电感-电容滤波器，如图 5-125 所示。由于单相串励电动机工作时不仅对无线电广播、电视、通信产生干扰，而且对在其附近工作的电子仪器也会产生严重干扰。因此，对单相串励电动机必须采取有

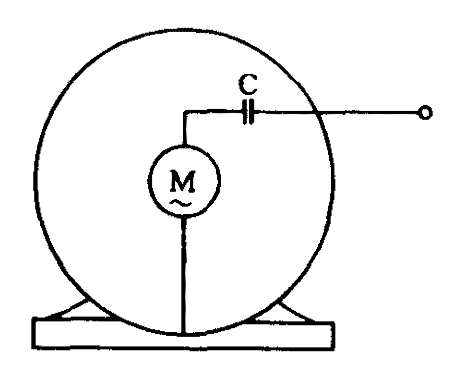
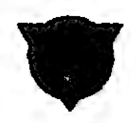


图 5-124　电容器单端滤波电路图



效方法对干扰进行抑制和削弱。

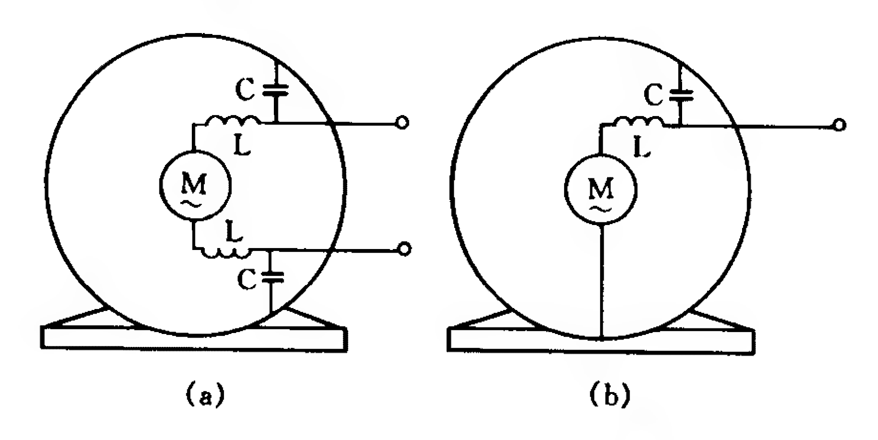


图 5-125 电感-电容器滤波电路图

(a) 双端滤波；(b) 单端滤波



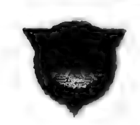
单相电动机经过大修之后都应进行必要的检查与试验，以确保电动机安全可靠地运行。检查试验内容主要有外观检查、绝缘电阻测量、直流电阻测量、空载试验和短路试验等项目，现将这些检查试验分述如下。

一、外观检查

修复后的单相电动机在试验开始前，首先应进行一次全面仔细的外观检查。外观检查的主要内容包括：检查绕组出线端标记是否正确、各绕组的接线是否正确；检查电动机的装配质量，零部件装配是否正确、各部分的紧固件是否旋紧到位；转子转动是否灵活及有无异常响声和碰擦现象；转轴的轴承是否运转平稳、轻快、有无停滞现象；以及运转声音是否均匀、有无夹带杂音等。单相串励电动机还应检查其电刷位置是否正确；电刷在刷握中是否灵活；电刷与换向器的接触面是否吻合等。只有在确认电动机的外观检查良好时，才可以进行其它检查项目的试验，需要通电检查试验的项目更应如此。通过外观检查有时还能发现电动机存在的一些潜在问题，从而使其及早得到全面的处理。

二、绝缘电阻测量

应测试的绝缘电阻项目包括定子各套绕组和电枢绕组与机壳间的绝缘电阻，各绕组与绕组之间的绝缘电阻以及电刷架、接线板与机壳间的绝缘电阻等。测量绝缘电阻通常使用兆欧表。单相



电动机的额定电压多为 220V，一般可采用 500V 兆欧表进行检测。测量时用兆欧表检测各绕组对机壳及主、辅绕组的绝缘电阻，如果主、辅绕组的首、尾端都已引出机壳外，应分别测量主、辅绕组对机壳和相互间的绝缘电阻。但如主、辅绕组已在电动机内部连接在一起，引出机壳外的出线端已是它们共同的首、尾端，此时就只能测量绕组对机壳的绝缘电阻。重换新绕组后的单相电动机，在室温下其绝缘电阻一般均为 20MΩ 以上，如被测单相电动机绕组的绝缘电阻值达不到要求时，应进一步查明绝缘电阻低的原因以对症修复。

三、直流电阻测量

测量直流电阻时应先将被测电动机在室内静置几小时，使其达到实际的冷却状态。然后用电桥表或万用表分别测量主、辅绕组的出线端，将所测出的电阻值与旧绕组的电阻值进行对比，其电阻值的差别不应超过 3%。从新、旧绕组电阻值的对比中可以核对新绕组的相关数据，如线径、匝数、接法以及线模尺寸等的选用是否正确，和是否有焊接质量及短路故障的存在等。

四、绝缘耐压试验

绕组绝缘的耐压试验包括各绕组对机壳及主、辅绕组间的绝缘强度试验，主要用来考核电动机的主绝缘是否存在局部缺陷。绝缘耐压试验可采用图 6-1 所示的线路进行，通常用 50Hz 的高压交流电作试验电源，以检验绕组绝缘能否承受一定的高压而不被击穿。

试验时加在电动机绕组上的电压应在调压器的控制下逐渐升

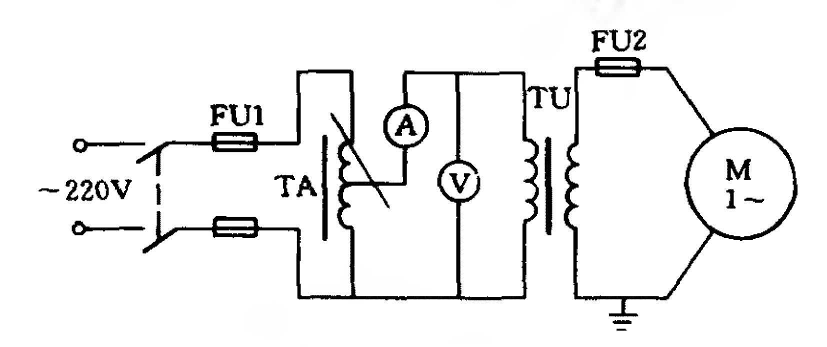
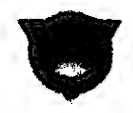


图 6-1 耐压试验的接线示意图



高。从试验电压值的50%上升到全值的时间不得少于10s，在全值电压下应保持1min，然后迅速将电压降至试验电压值的50%以下，此时即可结束试验并断开电源。

当主、辅绕组在电动机内部已连接在一起时，只能进行绕组对机壳的高压试验。单相电动机的功率多在1kW以下，其试验电压为2倍额定电压加500V，但相加后的电压应不少于1000V。功率在1kW以上的单相电动机，其试验电压则应为2倍额定电压加1000V，但相加后的电压应不少于1500V。试验时间则均为1min。

五、空载试验

单相电动机进行空载试验，除了通过观察电动机的运转情况以检查装配质量外，还可以测量空载电流和转速。根据空载电流是否超出规定值，可以核查电动机绕组的接线和线圈匝数是否正确。在通常情况下，功率在1kW以下电动机的空载电流应为其额定电流的40%~50%。如果空载电流大于上述范围，就很有可能是在重换绕组时减少了线圈应绕匝数所致。或者是定子与转子铁心间的气隙过大、转子轴向位移等。假如空载电流小于上述范围，则可能是在重换绕组时不注意而增加了匝数。单相电动机空载试验可按图6-2所示的线路进行。

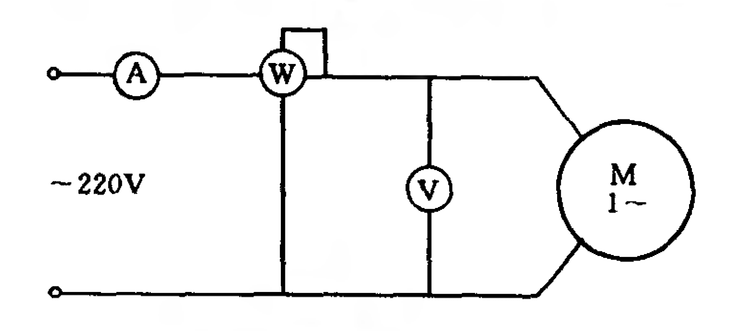
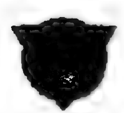


图6-2　空载试验的接线示意图

六、旋转方向的检查

从前述已知，单相电动机的旋转方向多数是与其主、辅绕组的相互位置有关，也即与主、辅绕组出线端的相互连接有关。如果电动机的旋转方向与负载旋转方向有误，只须改换主、辅绕组



间的相互连接即可。但是在某些电动机中，因其主、辅绕组在电动机内部就已经接在一起，这时在外部改变电动机的旋转方向已不可能（有双向旋转出线端的电动机除外）。因此，在空载试验时，如发现这类电动机的旋转方向不对，就应将电动机的端盖拆开，将其内部的接线予以改接，使之符合负载所要求的正确旋转方向。

七、电容器的检查

电容器在单相电容电动机中主要起移相作用，它使电动机的主、辅绕组内电流形成90°电气角度的相位差，从而产生起动转矩使电动机旋转。单相电容电动机经常使用的电容器为纸介电容器和电解电容器两种。检查时主要察看电容器是否出现失效、短路、断路、接地等故障的迹象，如发现有故障现象，就要进一步深入检查，其检测方法已如前所述。如果一时难以修复就只有更换新的电容器。

八、起动装置的检查

单相分相式电动机的起动装置，主要有离心开关和多种型式的起动继电器。起动装置的损坏或失灵，将使单相电动机不能顺利起动以及难以进入正常运行状态，严重时还会导致辅助绕组产生高温甚至烧毁。所以在电动机的维护、修理检查中，应同时对离心开关或起动继电器进行必要的检查，以消除电动机潜在故障。

1. 起动装置断路故障

发生这种故障时单相电动机将会无法起动。如果其起动装置是离心开关，则应检查电动机在低速时其触点是否接触良好。检测时可用手转动电动机转轴使其旋转，同时用万用表的电阻档测量离心开关触点的接触情况。如发现离心开关接触不良，则应将电动机的端盖拆开，详细检查离心开关所有的部件，找出故障并予以修复。

如起动装置为继电器，可将与辅助绕组串接的起动继电器两个触点短接起来。然后通入电源，如电动机能正常起动，说明断



路故障是继电器接触有问题。产生的原因可能是继电器触点烧损、弹簧失效以及继电器线圈断路等故障所引起。这时即应对故障逐一检查、分析直到找出原因并予以修理。

2. 起动装置失灵故障

出现这种故障时，辅助绕组在起动过程结束后仍不能断开电源，将造成辅助绕组长期通电而发热烧毁。如要检查这种故障则可将辅助绕组与电源连接的一端拆开，仅主绕组接电源，与此同时用手转动电动机转轴，如电动机能达到额定转速，说明辅助绕组在电动机起动后未脱离电源。产生这类故障的原因可能有：

1）离心开关或起动继电器的触点已被烧熔粘结，以致无法脱开复位。

2）起动继电器的弹簧失效其张力减弱，无法使触点在电动机起动后断开。

3）电动机转轴的轴向位置调整不当，将离心开关压得太紧，使电动机起动过程完成后，离心开关的触点仍无法断开。

对出现的这些故障应耐心仔细地找出原因予以处理，使电动机的起动装置能准确动作。

九、串励电动机换向装置的检查

单相串励电动机的换向装置包括换向器、电刷、刷盒和刷架。而单相串励电动机运行的可靠性在很大程度上取决于换向装置的整体质量，其性能的优劣对整个电动机有很大的影响。因此，大修后的单相串励电动机应对这部分装置做认真、仔细的检查。

1. 换向器的检查

首先可从外观进行检查，正常的换向器表面不得有凹凸不平、局部变形和偏圆等现象，而应平滑光洁并且整体圆正。还应仔细检查换向器表面是否有划伤、烧伤，以及是否有碳粉、灰尘、油垢等杂物充填在云母槽里，或粘附在换向器表面上。如有上述情况存在，应认真消除整理，否则将会使电刷与换向器因接触不良而产生较大的火花，以致造成严重后果。



2. 电刷的检查

单相串励电动机电刷的牌号和规格应符合技术要求，电刷尺寸大小和与换向器的吻合面应合适。如电刷尺寸过小，电刷会在刷盒中晃动，而尺寸太大又会被刷盒卡住，电刷不能上下自由移动。以上两种情况都会造成电刷与换向器接触不良，电动机运行时就会产生较大的火花，严重时甚至不能正常工作。电刷如因磨短、残缺、引线铜丝辫松动、断丝，或由于电刷的不均匀磨损而造成电刷与换向器表面不能全面吻合等缺陷，都会造成电刷与换向器的接触不良。这时就应视电刷的长短及缺损程度予以调整、修复和更换的处理。

3. 电刷盒、架的检查

首先应检查电刷盒上的弹簧是否失效，以及其压力是否符合要求等。如发现弹簧为压力不够或失效、断裂，应更换相同型号规格的弹簧。此外，还应检查电刷盒、架是否有烧损、碎裂、接地等现象存在。一般明显的接地故障凭眼力就能看出，难以确定的接地故障，可以用万用表或试灯进行检查。检测时应将电刷从刷盒中取出，并将刷架上连接的绕组引线端拆除，使刷盒、刷架完全与电动机的电刷绕组分开。然后将万用表旋至电阻档（或用试灯），表笔的一端去接触刷盒、刷架而另一端则接触机壳。如果此时所测电阻极小（或试灯发亮），就表明刷盒、刷架已经接地，此后就应继续深入检查直至找出故障位置，并予以彻底修复。

附录 A　单相异步电动机定、转子绕组布置图、接线图

附录 A-1　单相异步电动机绕组接线原理图

罩极式电动机

罩极绕组
220V
~
主绕组

电阻起动式电动机

辅助绕组
220V
~
主绕组
S

电容式起动电动机

辅助绕组
220V
~
主绕组
电容
S

电容运转式电动机

辅助绕组
220V
~
主绕组
电容

电容起动运转式电动机

辅助绕组
220V
~
主绕组
电容
S

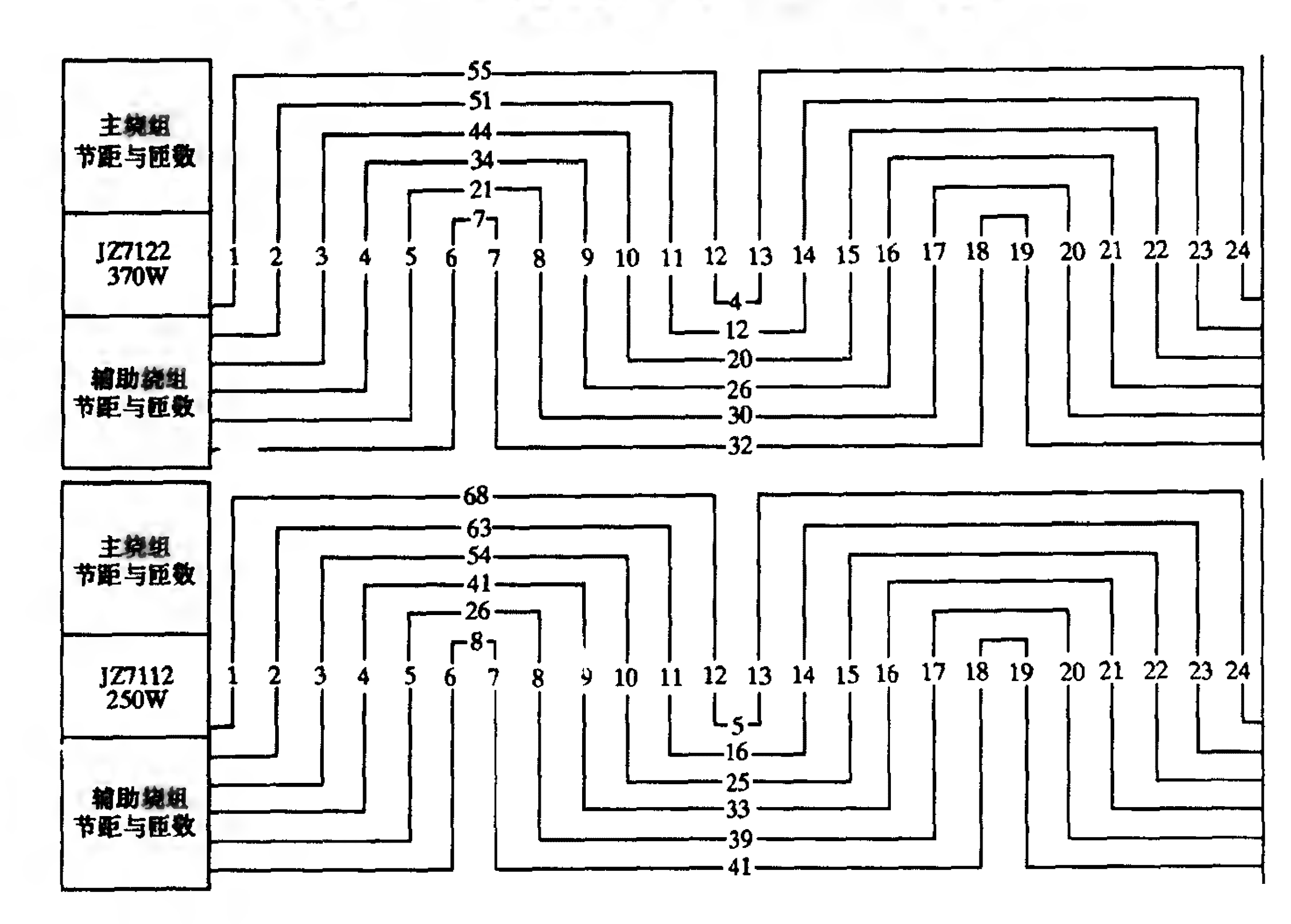
串励式电动机

220V
~
磁极线圈
电枢
磁极线圈



附录 A-2 JZ、JY、JX 新系列单相异步电动机绕组布置图

附录 A-2-1 JZ 新系列单相电阻起动式异步电动机布置图



续图

主绕组
节距与匝数

JZ7134
370W

辅助绕组
节距与匝数

34 58 34

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

19 33 19

主绕组
节距与匝数

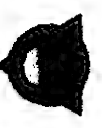
JZ7124
250W

辅助绕组
节距与匝数

44 77 44

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

25 45 25



续图

主绕组
节距与匝数

JZ7114
180W

辅助绕组
节距与匝数

56
97
56

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

24
41
24

主绕组
节距与匝数

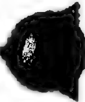
JZ6322
180W

辅助绕组
节距与匝数

91
85
73
56
35
12

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

6
17
28
36
42
45



续图

主绕组节距与匝数

JZ6312 120W

辅助绕组节距与匝数

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

106 98 84 64 41 14

7 20 32 42 49 53

主绕组节距与匝数

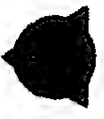
JZ6324 120W

辅助绕组节距与匝数

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

66 116 66

29 51 29



续图

主绕组
节距与匝数

JZ6314
90W

辅助绕组
节距与匝数

77 131 77

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

34 60 34

主绕组
节距与匝数

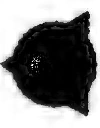
JZ5622
90W

辅助绕组
节距与匝数

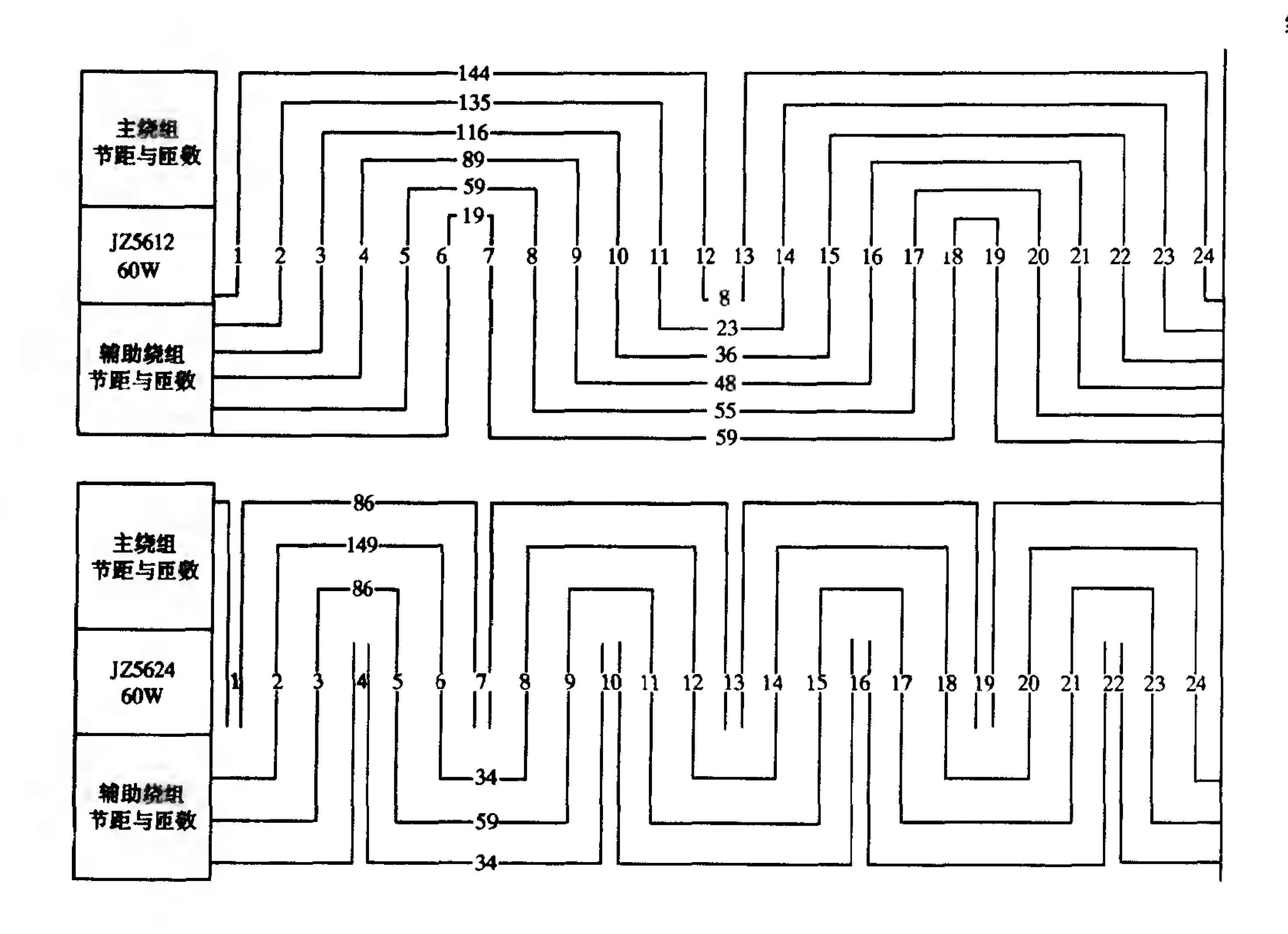
123 114 90 75 47 16

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

6 18 28 37 43 47

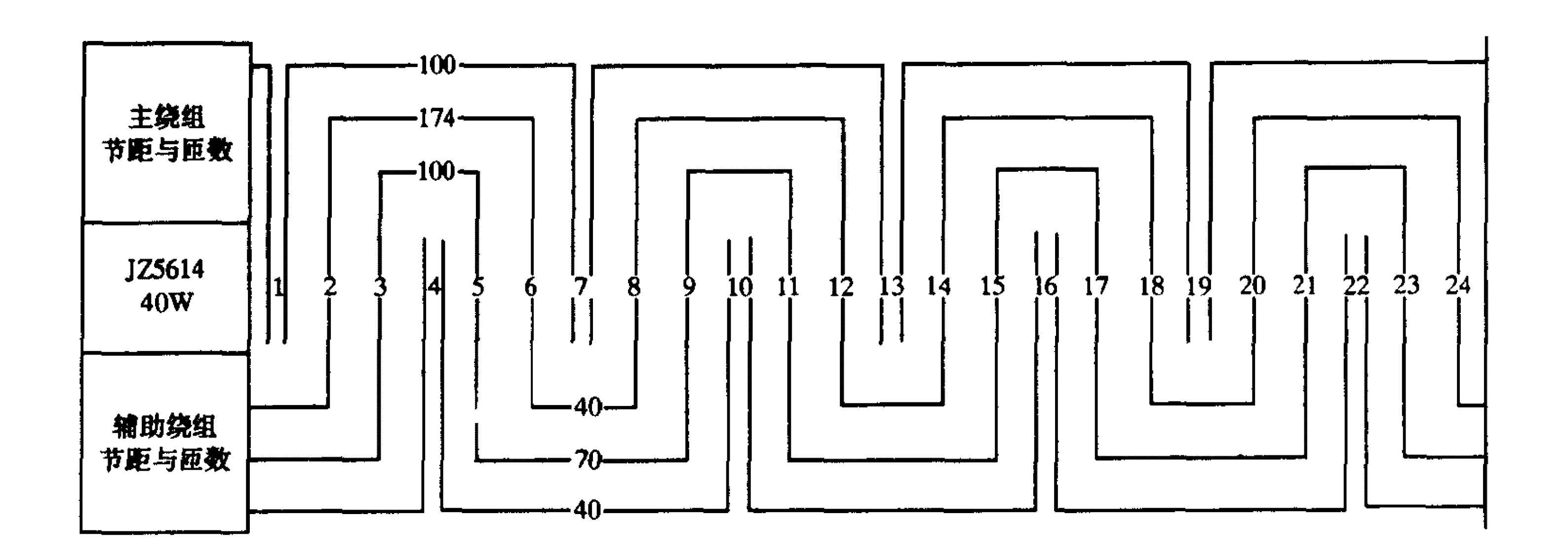


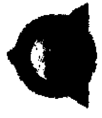
续图



主绕组
节距与匝数
JZ5612
60W
辅助绕组
节距与匝数
144
135
116
89
59
19
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
8
23
36
48
55
59
主绕组
节距与匝数
JZ5624
60W
辅助绕组
节距与匝数
86
149
86
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
34
59
34

续图


主绕组
节距与匝数
JZ5614
40W
辅助绕组
节距与匝数
100
174
100
40
70
40
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24



附录 A-2-2　JY 新系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图

主绕组
节距与匝数

JY7132
550W

辅助绕组
节距与匝数

41 38 33 25 16

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

19 30 40 46 50

主绕组
节距与匝数

JY7112
250W

辅助绕组
节距与匝数

70 65 56 43 27

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

20 31 41 48 51

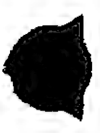
续图

主绕组节距与匝数 | 34 | 58 | 34
JY7134 370W
辅助绕组节距与匝数 | 36 | 62 | 36

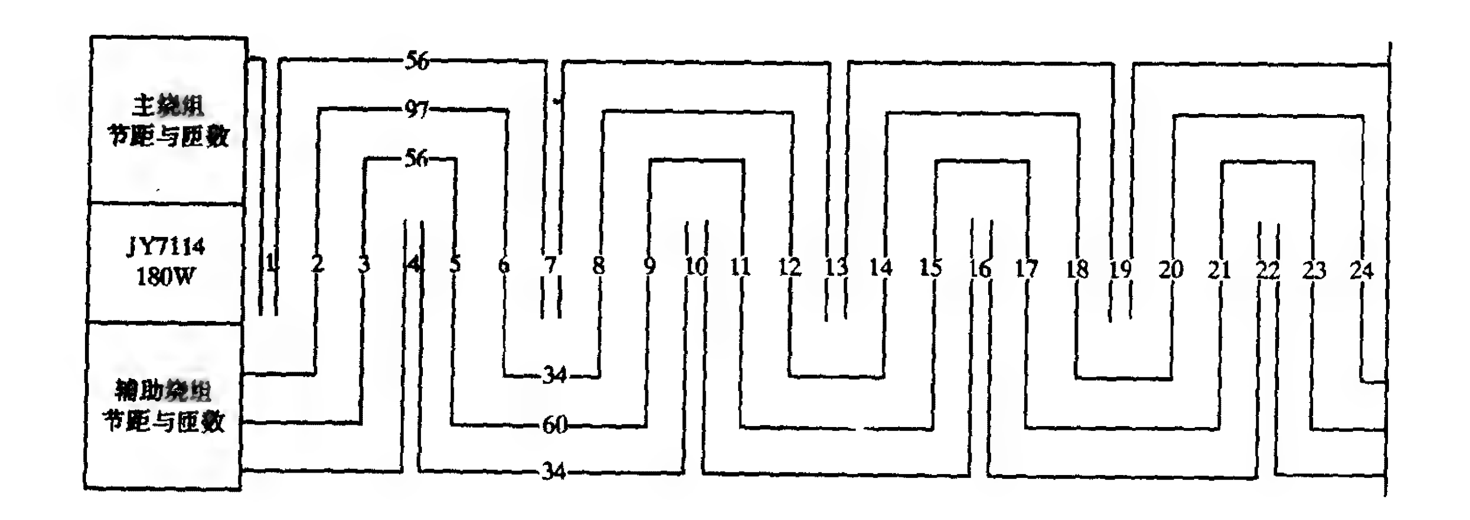
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

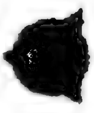
主绕组节距与匝数 | 45 | 77 | 45
JY7124 250W
辅助绕组节距与匝数 | 40 | 69 | 40

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

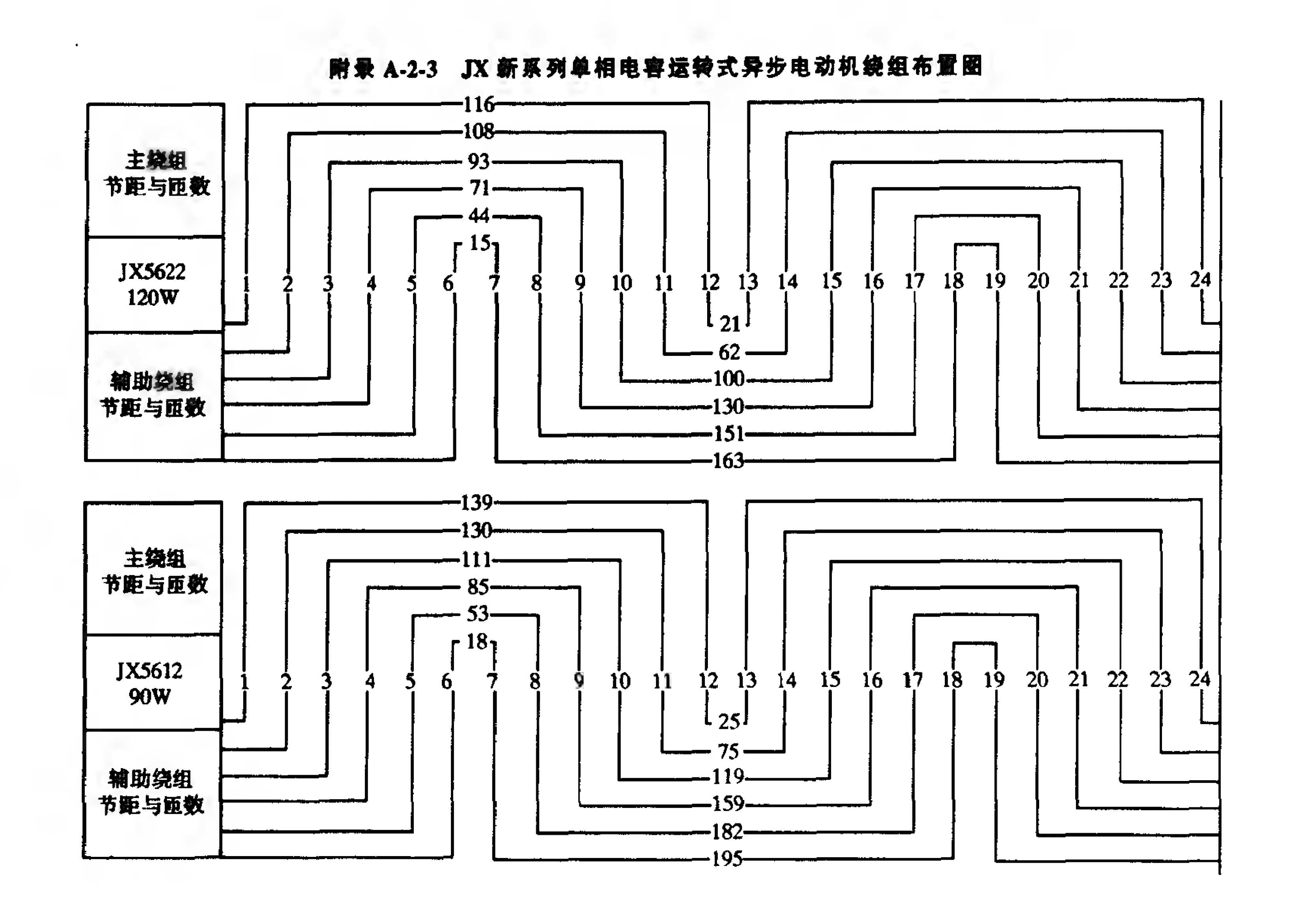


续图


主绕组
节距与匝数
JY7114
180W
辅助绕组
节距与匝数
56
97
56
34
60
34
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

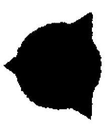


附录 A-2-3 JX 新系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图



续图

主绕组
节距与匝数
JX5624
90W
辅助绕组
节距与匝数
85
148
85
150
259
150
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
主绕组
节距与匝数
JX5614
60W
辅助绕组
节距与匝数
103
180
103
135
233
135
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24



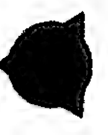
续图

主绕组节距与匝数
JX5022 60W
辅助绕组节距与匝数
277 202 75
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
145 397 542

主绕组节距与匝数
JX5012 40W
辅助绕组节距与匝数
276 202 75
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
133 364 497

主绕组节距与匝数
JX5024 40W
辅助绕组节距与匝数
185 185
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
527

主绕组节距与匝数
JX5014 25W
辅助绕组节距与匝数
204 204
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
490



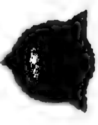
续图

主绕组
节距与匝数
JX4522
25W
辅助绕组
节距与匝数
349
256
93
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
183
501
685

主绕组
节距与匝数
JX4512
15W
辅助绕组
节距与匝数
412
301
110
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
168
461
629

主绕组
节距与匝数
JX4524
15W
辅助绕组
节距与匝数
262
262
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
670

主绕组
节距与匝数
JX4514
8W
辅助绕组
节距与匝数
288
288
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
650



附录 A-3　BO2、CO2、DO2 系列单相异步电动机绕组布置图

附录 A-3-1　BO2 系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图

BO2-6312 90W

主绕组 节距与匝数：113、106、91、69、43、14

槽号：1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

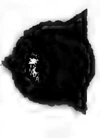
辅助绕组 节距与匝数：6、19、30、40、47、50

BO2-6322 120W

主绕组 节距与匝数：93、86、74、57、35、12

槽号：1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

辅助绕组 节距与匝数：6、18、29、38、44、47



续图

主绕组 节距与匝数: 84, 147, 84

BO2-6314 60W

辅助绕组 节距与匝数: 34, 59, 34

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

主绕组 节距与匝数: 72, 126, 72

BO2-6324 90W

辅助绕组 节距与匝数: 31, 55, 31

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24



续图

主绕组节距与匝数 | BO2-7112 180W | 辅助绕组节距与匝数

主绕组匝数：77、73、61、47、29、10

槽号：1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

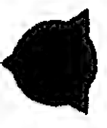
辅助绕组匝数：5、16、27、35、41、43

主绕组节距与匝数 | BO2-7122 250W | 辅助绕组节距与匝数

主绕组匝数：62、58、47、37、23、8

槽号：1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

辅助绕组匝数：5、15、25、32、38、41



续图

主绕组
节距与匝数
60
104
60

BO2-7114
120W

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

辅助绕组
节距与匝数
33
58
33

主绕组
节距与匝数
48
85
48

BO2-7124
180W

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

辅助绕组
节距与匝数
27
48
27



续图

主绕组节距与匝数	53	50	43	33	20	7

BO2-8012 370W

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

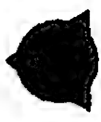
辅助绕组节距与匝数	4	13	22	28	33	36

主绕组节距与匝数	42	74	42

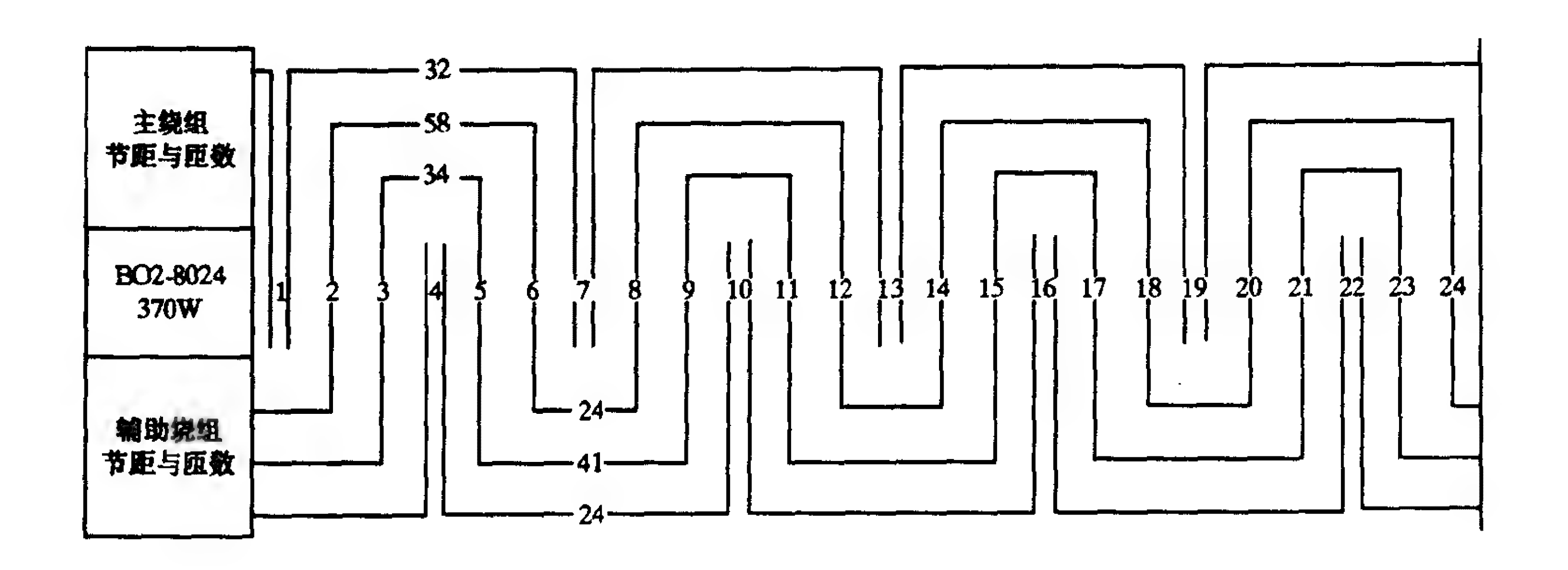
BO2-8014 250W

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

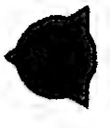
辅助绕组节距与匝数	28	48	28



续图



主绕组
节距与匝数
BO2-8024
370W
辅助绕组
节距与匝数
32
58
34
24
41
24
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24



附录 A-3-2　CO2 系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图

主绕组
节距与匝数
CO2-7112
180W
辅助绕组
节距与匝数

77
73
61
47
29
10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

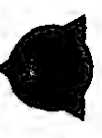
45
59
69
74

主绕组
节距与匝数
CO2-7122
250W
辅助绕组
节距与匝数

62
58
47
37
23
8

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

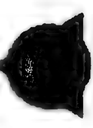
35
51
57
61



续图

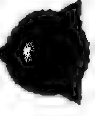
主绕组
节距与匝数
CO2-7114
120W
辅助绕组
节距与匝数
60
104
60
92
53
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

主绕组
节距与匝数
CO2-7124
180W
辅助绕组
节距与匝数
48
85
50
79
45
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24



续图

主绕组
节距与匝数
CO2-8012
370W
辅助绕组
节距与匝数
58
50
43
33
20
7
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
38
49
57
62
主绕组
节距与匝数
CO2-8022
550W
辅助绕组
节距与匝数
41
39
33
25
16
5
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
28
37
43
46



续图

主绕组 节距与匝数: 42, 74, 42

CO2-8014 250W

辅助绕组 节距与匝数: 84, 49

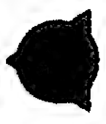
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

主绕组 节距与匝数: 32, 58, 34

CO2-8024 370W

辅助绕组 节距与匝数: 85, 49

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24



续图

主绕组 节距与匝数
CO2-9012 750W
辅助绕组 节距与匝数

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

主绕组: 38 30 31 23 14 5

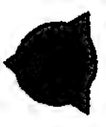
辅助绕组: 24 32 31 40

主绕组 节距与匝数
CO2-9014 550W
辅助绕组 节距与匝数

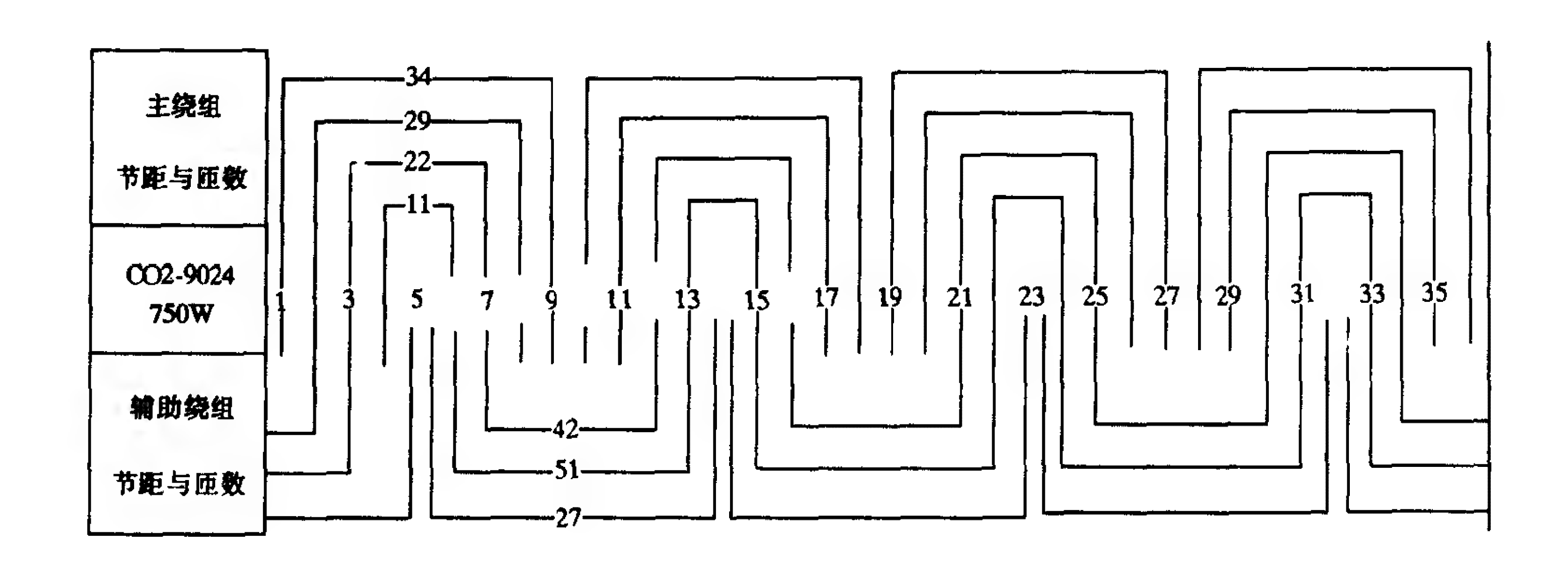
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35

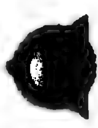
主绕组: 44 39 29 15

辅助绕组: 38 46 24



续图


主绕组
节距与匝数
CO2-9024
750W
辅助绕组
节距与匝数
34
29
22
11
1
3
5
7
9
11
13
15
17
19
21
23
25
27
29
31
33
35
42
51
27



附录 A-3-3　DO2 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图



续图

主绕组

节距与匝数

DO2-4514

4 W

辅助绕组

节距与匝数

349

350

620

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

主绕组

节距与匝数

DO2-4524

8 W

辅助绕组

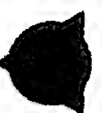
节距与匝数

299

300

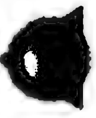
675

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

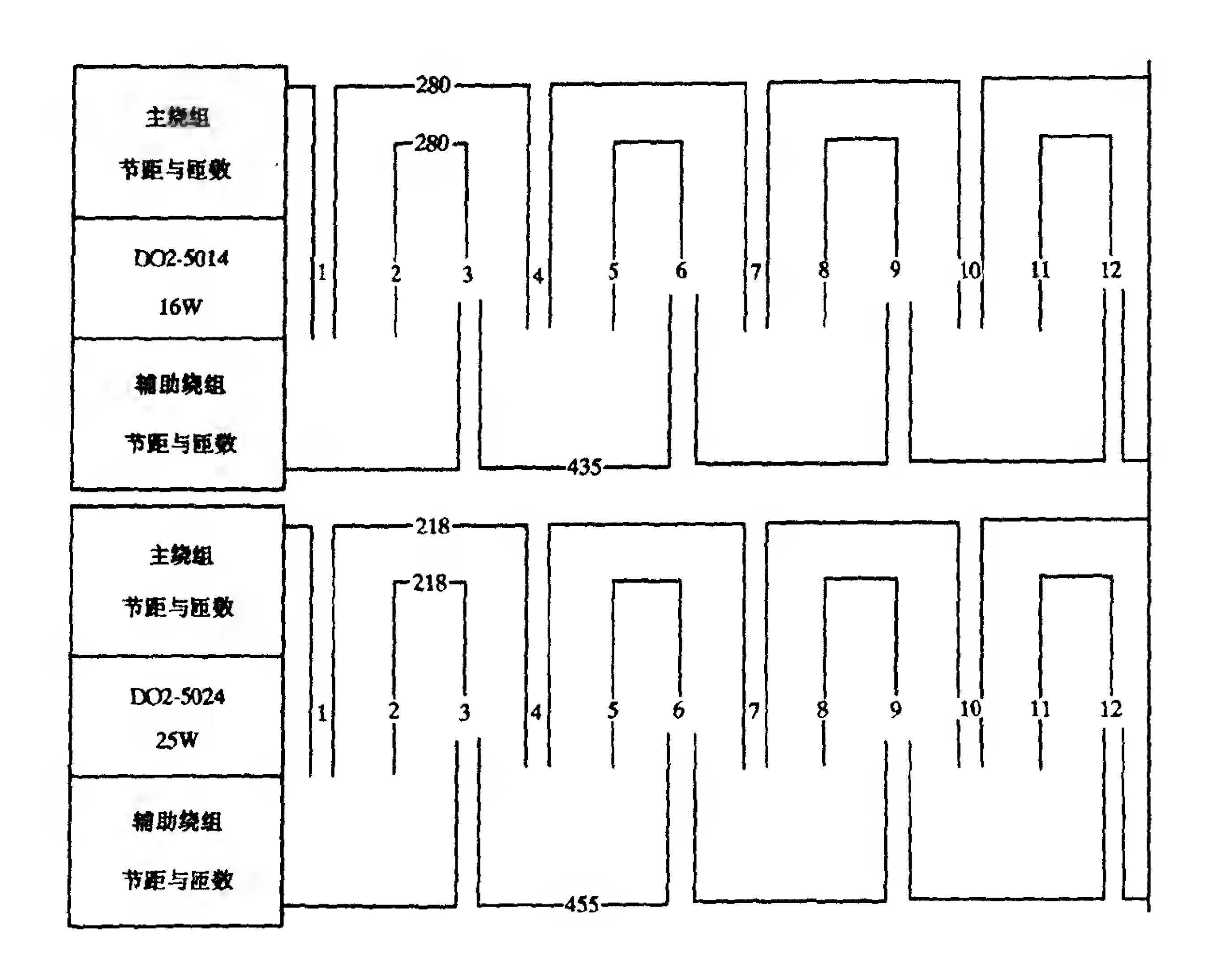


续图

主绕组
节距与匝数
DO2-5012
25W
辅助绕组
节距与匝数
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
139
241
139
187
324
187
主绕组
节距与匝数
DO2-5022
40W
辅助绕组
节距与匝数
131
227
131
219
381
219



续图



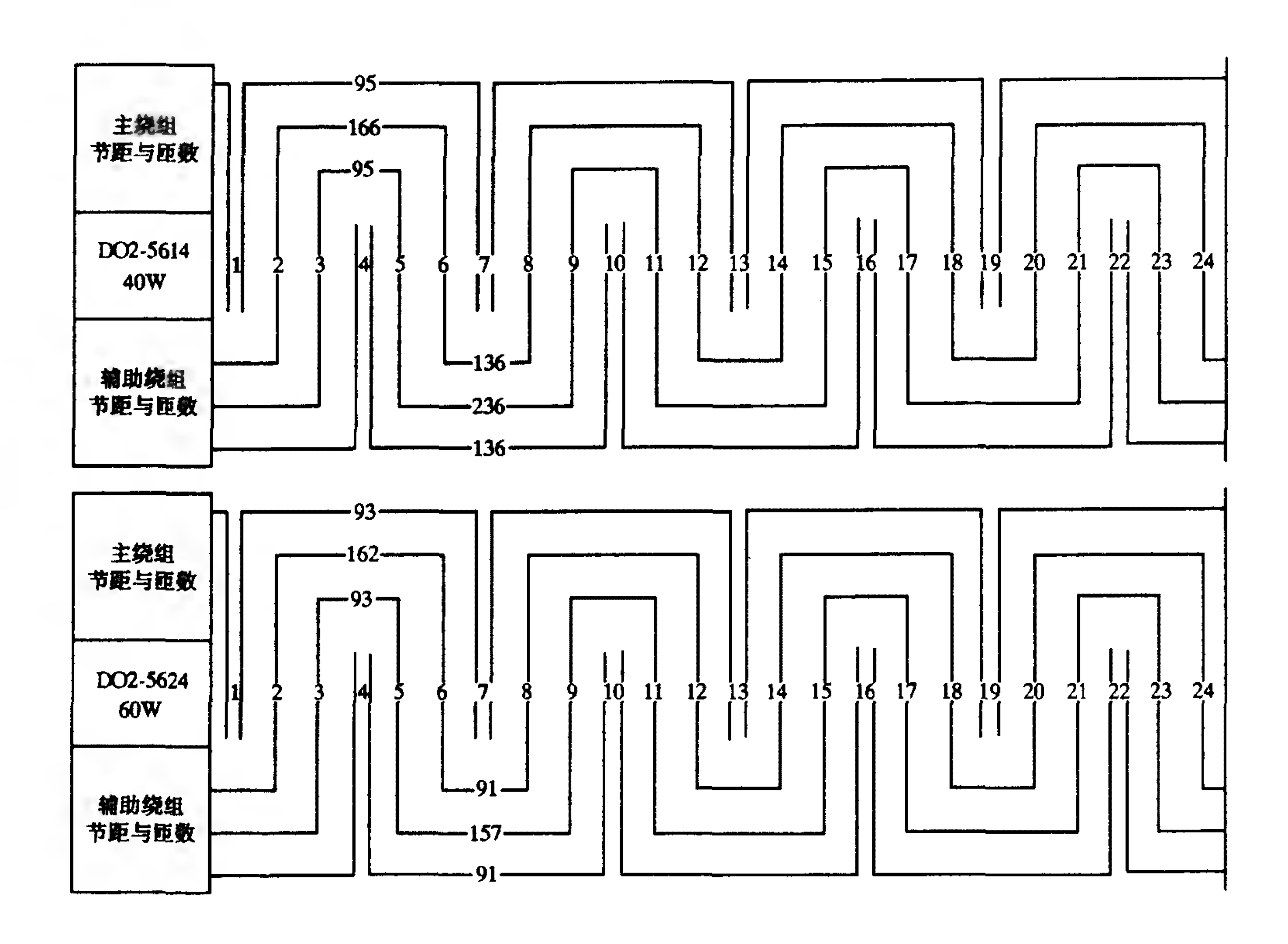
主绕组
节距与匝数
DO2-5014
16W
辅助绕组
节距与匝数
280
280
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
435
主绕组
节距与匝数
DO2-5024
25W
辅助绕组
节距与匝数
218
218
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
455

续图

主绕组
节距与匝数
DO2-5612
60W
辅助绕组
节距与匝数
118
110
94
72
45
15
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
18
52
84
109
127
137
主绕组
节距与匝数
DO2-5622
90W
辅助绕组
节距与匝数
94
88
75
58
36
12
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
16
46
74
97
113
121



续图


主绕组
节距与匝数
DO2-5614
40W
辅助绕组
节距与匝数
95
166
95
136
236
136
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
主绕组
节距与匝数
DO2-5624
60W
辅助绕组
节距与匝数
93
162
93
91
157
91
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

续图

主绕组 节距与匝数
DO2-6312 120W
辅助绕组 节距与匝数

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

主绕组：108 100 86 66 41 14

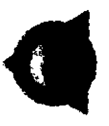
辅助绕组：20 59 94 123 143 174

主绕组 节距与匝数
DO2-6322 180W
辅助绕组 节距与匝数

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

主绕组：83 77 66 51 32 11

辅助绕组：14 42 68 89 103 111



续图

主绕组 节距与匝数 | DO2-6314 90W | 辅助绕组 节距与匝数

主绕组节距与匝数：81、140、81

辅助绕组节距与匝数：100、174、100

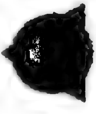
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

主绕组 节距与匝数 | DO2-6324 120W | 辅助绕组 节距与匝数

主绕组节距与匝数：69、121、69

辅助绕组节距与匝数：98、169、98

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24



续图

主绕组

节距与匝数

DO2-7112

250W

辅助绕组

节距与匝数

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

70 67 55 42 27 10

13 40 59 76 93 101

主绕组

节距与匝数

DO2-7114

180W

辅助绕组

节距与匝数

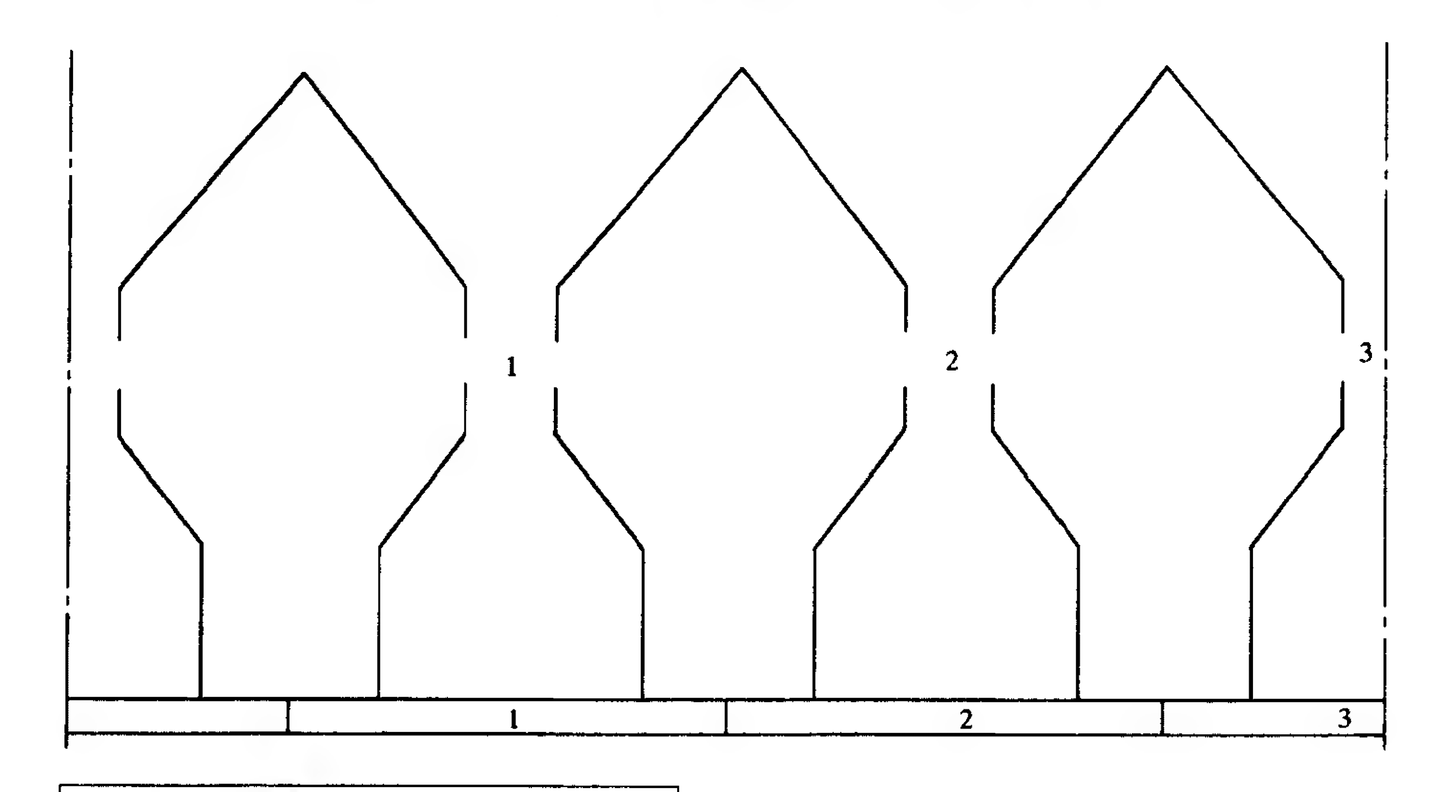
55 95 55

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

85 155 85

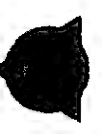


附录 A-4　单相交流换向器式电动机电枢绕组接线展开图



转子只有 3 槽、是单相交流串励电动机中最简单的结构形式	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=3$
换向片数：$K=3$	每槽元件数：$u=1$
换向器节距：$YK=1-2$	槽节距：$Y=1-2$

附图 A-4-1　2 极 3 槽电枢绕组接线展开图

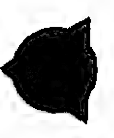


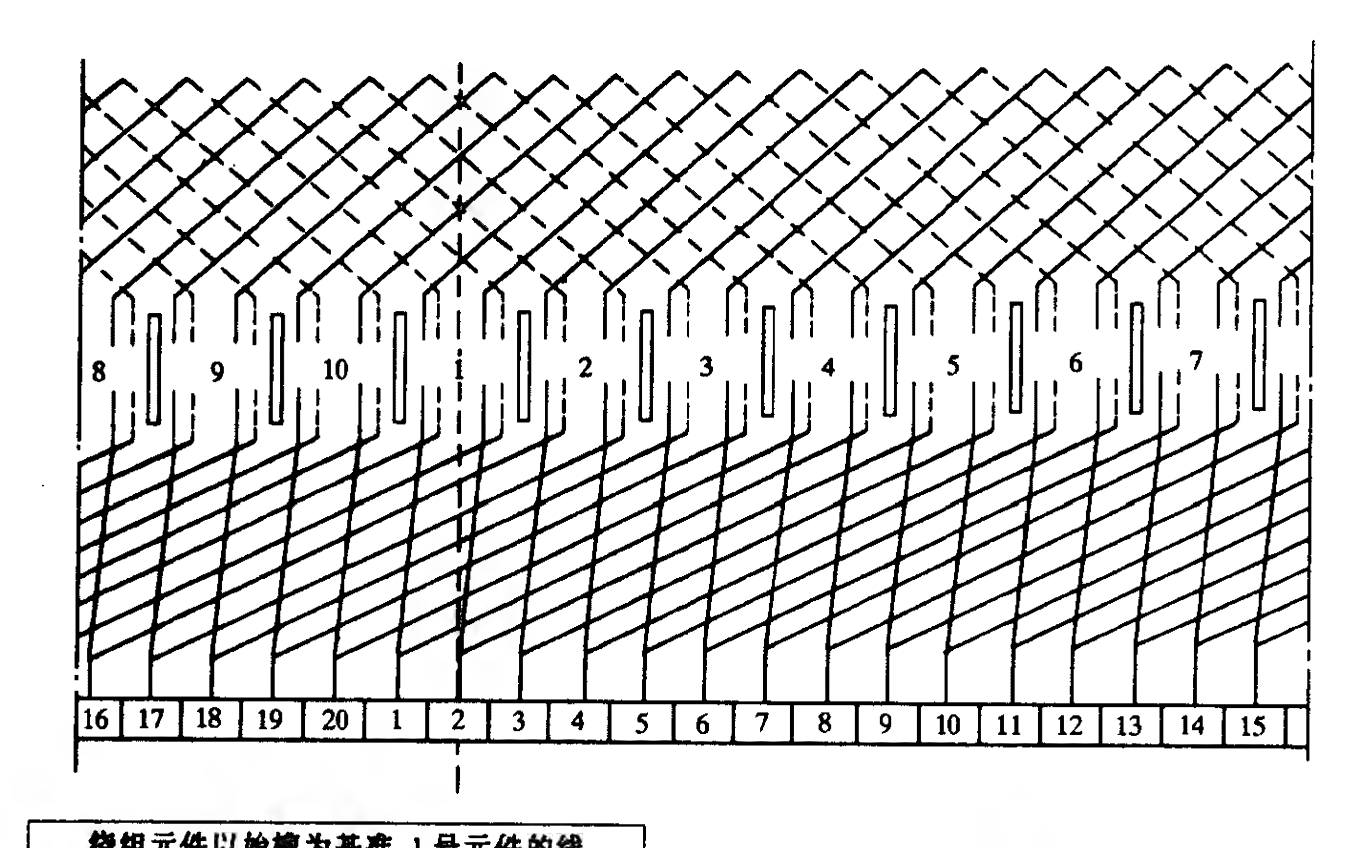
绕组元件以始槽为基准,1号元件的线	
端正对槽中心线接入换向器	
极数:$2p=2$	槽数:$Z=8$
换向片数:$K=24$	每槽元件数:$u=3$
换向器节距:$YK=1-2$	槽节距:$Y=1-4$

附图 A-4-2　2极8槽电枢绕组接线展开图

绕组元件以始槽为基准,1 号元件的线端正对槽中心线接入换向器	
极数:$2p=2$	槽数:$Z=9$
换向片数:$K=27$	每槽元件数:$u=3$
换向器节距:$YK=1-2$	槽节距:$Y=1-5$

附图 A-4-3　2 极 9 槽电枢绕组接线展开图

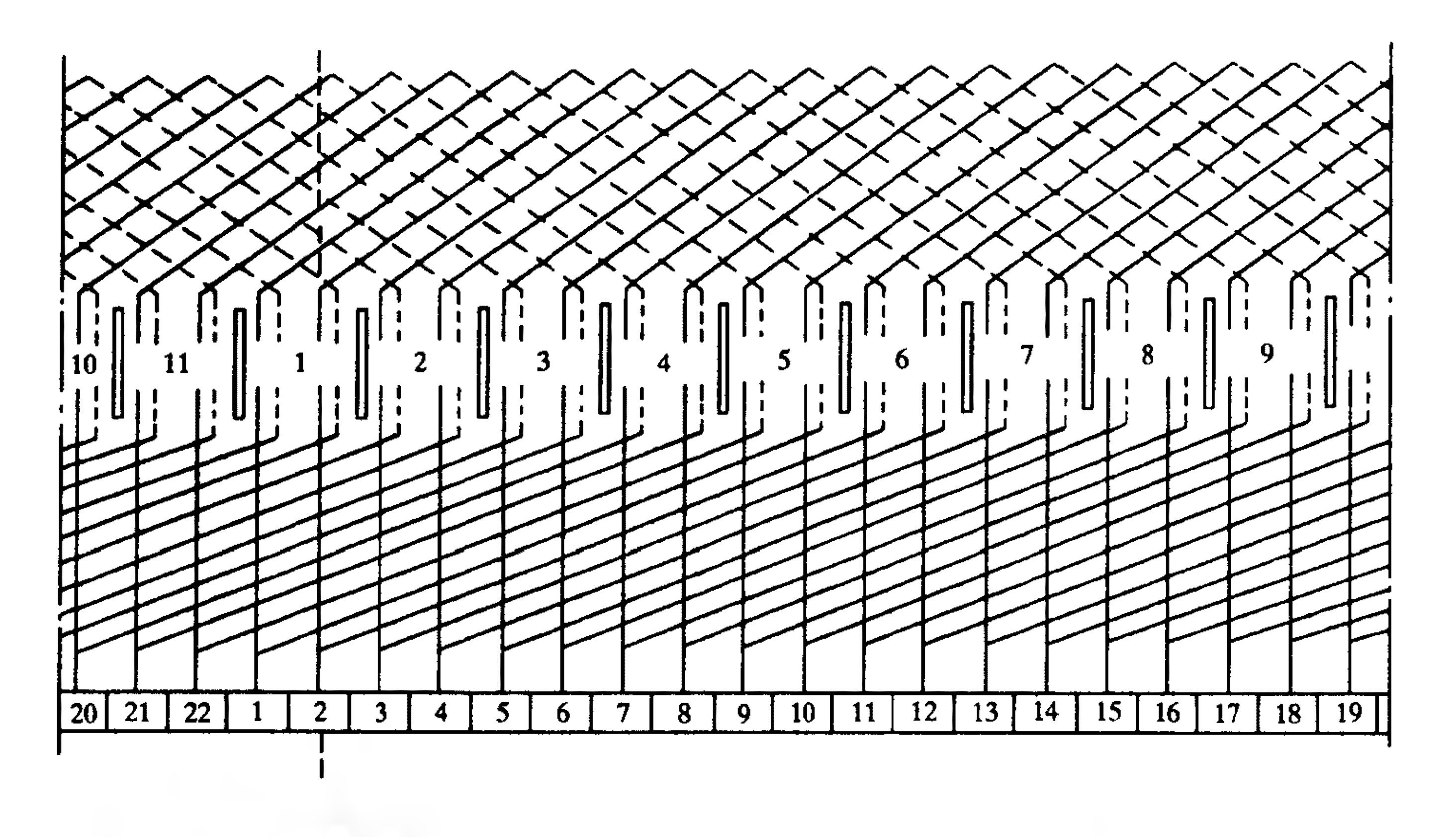




绕组元件以始槽为基准，1 号元件的线	
端偏左 1 片接入换向器	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=10$
换向片数：$K=20$	每槽元件数：$u=2$
换向器节距：$YK=1-2$	槽节距：$Y=1-5$

附图 A-4-4　2 极 10 槽电枢绕组接线展开图

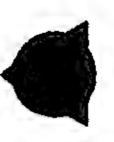
续图



绕组元件以始槽为基准,1号元件的线	
端正对槽中心线接入换向器	
极数:$2p=2$	槽数:$Z=11$
换向片数:$K=22$	每槽元件数:$u=2$
换向器节距:$YK=1-2$	槽节距:$Y=1-6$

附图 A-4-5　2极11槽电枢绕组接线展开图

续图

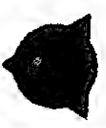


绕组元件以始槽为基准,1 号元件的线端偏左 2 片接入换向器	
极数:$2p=2$	槽数:$Z=12$
换向片数:$K=24$	每槽元件数:$u=2$
换向器节距:$YK=1-2$	槽节距:$Y=1-6$

附图 A-4-6　2 极 12 槽电枢绕组接线展开图

18 19 20 21 22 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17

18 19 20 21 22 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17



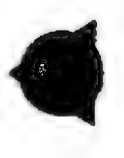
绕组元件以始槽为基准，1 号元件的线端正对准槽中心线接入换向器	
极数：$2p = 2$	槽数：$Z = 22$
换向片数：$K = 22$	每槽元件数：$u = 1$
换向器节距：$YK = 1 - 2$	槽节距：$Y = 1 - 11$

附图 A-4-7　2 极 22 槽电枢绕组接线展开图

附录B　各系列单相异步电动机技术数据

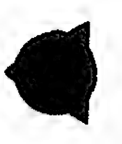
附录 B-1　BO2 系列单相电阻起动异步电动机技术数据

型　号	功率 (W)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极数	转速 (r/min)	定子铁心 外径 (mm)	定子铁心 内径 (mm)	定子铁心 长度 (mm)	定转子槽数 z_1/z_2	气隙 (mm)	主绕组 线规 (mm)	主绕组 每极匝数	辅助绕组 线规 (mm)	辅助绕组 每极匝数	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩
BO2-6312	90	220	1.02	2	2800	96	50	45	24/18	0.25	1-ϕ0.45	436	1-ϕ0.33	192	1.5	1.8
BO2-6322	120	220	1.36	2	2800	96	50	54	24/18	0.25	1-ϕ0.50	357	1-ϕ0.35	182	1.4	1.8
BO2-7112	180	220	1.89	2	2800	110	58	50	24/18	0.25	1-ϕ0.56	297	1-ϕ0.38	167	1.3	1.8
BO2-7122	250	220	2.40	2	2800	110	58	62	24/18	0.25	1-ϕ0.63	235	1-ϕ0.40	156	1.1	1.8
BO2-8012	370	220	3.36	2	2800	128	67	58	24/18	0.25	1-ϕ0.71	206	1-ϕ0.45	136	1.1	1.8
BO2-6314	60	220	1.23	4	1400	96	58	45	24/30	0.25	1-ϕ0.42	315	1-ϕ0.31	127	1.7	1.8
BO2-6324	90	220	1.64	4	1400	96	58	54	24/30	0.25	1-ϕ0.45	270	1-ϕ0.35	117	1.5	1.8
BO2-7114	120	220	1.88	4	1400	110	67	50	24/30	0.25	1-ϕ0.53	224	1-ϕ0.33	124	1.5	1.8
BO2-7124	180	220	2.49	4	1400	110	67	62	24/30	0.25	1-ϕ0.60	183	1-ϕ0.35	102	1.4	1.8
BO2-8014	250	220	3.11	4	1400	128	77	58	24/30	0.25	1-ϕ0.71	158	1-ϕ0.40	104	1.2	1.8
BO2-8024	370	220	4.24	4	1400	128	77	75	24/30	0.25	1-ϕ0.85	124	1-ϕ0.47	89	1.2	1.8



附录 B-2　CO2 系列单相电容起动异步电动机技术数据

型　号	功率(W)	额定电压(V)	额定电流(A)	极数	转速(r/min)	定子铁心(mm)			定转子槽数 z_1/z_2	气隙(mm)	主绕组		辅助绕组		电容器容量(μF)
						外径	内径	长度			线规(mm)	线圈匝数	线规(mm)	线圈匝数	
CO2-7112	180	220	1.89	2	2800	110	58	50	24/18	0.25	1-φ0.56	297	1-φ0.38	247	75
CO2-7122	250	220	2.40	2	2800	110	58	62	24/18	0.25	1-φ0.63	235	1-φ0.47	204	75
CO2-8012	370	220	3.36	2	2800	128	67	58	24/18	0.25	1-φ0.71	206	1-φ0.53	206	100
CO2-8022	550	220	4.65	2	2800	128	67	75	24/18	0.25	1-φ0.85	159	1-φ0.56	154	150
CO2-90S2	750	220	5.94	2	2800	145	77	70	24/18	0.30	1-φ1.0	147	1-φ0.63	133	200
CO2-7114	120	220	1.88	4	1400	110	67	50	24/30	0.25	1-φ0.53	224	1-φ0.35	145	75
CO2-7124	180	220	2.49	4	1400	110	67	62	24/30	0.25	1-φ0.60	183	1-φ0.38	124	75
CO2-8014	250	220	3.11	4	1400	128	77	58	24/30	0.25	1-φ0.71	158	1-φ0.47	133	100
CO2-8024	370	220	4.24	4	1400	128	77	75	24/30	0.25	1-φ0.85	124	1-φ0.50	134	100
CO2-90S4	550	220	5.57	4	1400	145	87	70	36/42	0.25	1-φ0.95	127	1-φ0.60	108	150
CO2-90L4	750	220	6.77	4	1400	145	87	90	36/42	0.25	1-φ1.06	96	1-φ0.63	120	150



附录 B-3　DO2 系列单相电容运转异步电动机技术数据

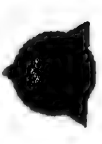
型号	功率(W)	额定电压(V)	额定电流(A)	极数	转速(r/min)	定子铁心 外径(mm)	定子铁心 内径(mm)	定子铁心 长度(mm)	定转子槽数 z_1/z_2	气隙(mm)	主绕组 线规(mm)	主绕组 每极匝数	辅助绕组 线规(mm)	辅助绕组 每极匝数	电容器容量(μF)	电容器耐压(V)
DO2-4512	10	220	0.20	2	2800	71	38	45	12/18	0.20	1-φ0.18	868	1-φ0.16	971	1	630
DO2-4522	16	220	0.26	2	2800	71	38	45	12/18	0.20	1-φ0.20	750	1-φ0.19	796	1	630
DO2-5012	25	220	0.33	2	2800	80	44	45	12/18	0.20	1-φ0.25	519	1-φ0.23	819	2	630
DO2-5022	40	220	0.42	2	2800	80	44	45	12/18	0.20	1-φ0.25	489	1-φ0.25	698	2	630
DO2-5612	60	220	0.57	2	2800	90	48	50	24/18	0.25	1-φ0.28	454	1-φ0.31	527	4	630
DO2-5622	90	220	0.81	2	2800	90	48	50	24/18	0.25	1-φ0.33	363	1-φ0.31	467	4	630
DO2-6312	120	220	0.91	2	2800	96	50	45	24/18	0.25	1-φ0.40	415	1-φ0.31	593	4	630
DO2-6322	180	220	1.29	2	2800	96	50	54	24/18	0.25	1-φ0.45	320	1-φ0.33	427	6	630
DO2-7112	250	220	1.73	2	2800	110	58	50	24/18	0.25	1-φ0.50	271	1-φ0.45	382	8	430
DO2-4514	6	220	0.20	4	1400	71	38	45	12/18	0.20	1-φ0.18	700	1-φ0.16	675	1	630
DO2-4524	10	220	0.26	4	1400	71	38	45	12/18	0.20	1-φ0.20	600	1-φ0.16	620	1	630
DO2-5014	16	220	0.28	4	1400	80	44	45	12/18	0.20	1-φ0.21	560	1-φ0.21	455	2	630
DO2-5024	25	220	0.36	4	1400	80	44	45	12/18	0.20	1-φ0.25	436	1-φ0.21	435	2	630
DO2-5614	40	220	0.49	4	1400	90	54	50	24/18	0.25	1-φ0.28	356	1-φ0.23	508	2	630
DO2-5624	60	220	0.64	4	1400	90	54	50	24/18	0.25	1-φ0.31	348	1-φ0.28	339	4	630
DO2-6314	90	220	0.94	4	1400	96	58	45	24/18	0.25	1-φ0.35	302	1-φ0.31	374	4	630
DO2-6324	120	220	1.17	4	1400	96	58	54	24/18	0.25	1-φ0.40	259	1-φ0.31	365	4	630
DO2-7114	180	220	1.58	4	1400	110	67	50	24/30	0.25	1-φ0.42	206	1-φ0.38	330	6	430
DO2-7124	250	220	2.04	4	1400	110	67	62	24/30	0.25	1-φ0.47	165	1-φ0.42	268	8	430

附录 B-4 JX 新系列单相电容运转异步电动机技术数据

型号	功率(W)	额定电压(V)	额定电流(A)	极数	定子铁心 外径	定子铁心 内径	定子铁心 长度	定转子槽数 z_1/z_2	气隙(mm)	主绕组线规(mm)	辅助绕组线规(mm)	电容器容量(μF)	电容器耐压(V)
					(mm)								
JX-5622	120	220	1.2	2	90	48	48	24/18	0.25	0.44	0.27	4	630
JX-5612	90	220	1.0	2	90	48	40	24/18	0.25	0.38	0.25	4	630
JX-5624	90	220	1.0	4	90	52	48	24/22	0.2	0.31	0.29	4	630
JX-5614	60	220	0.8	4	90	52	40	24/22	0.2	0.29	0.27	4	630
JX-5022	60	220	0.6	2	80	42	50	12/15	0.2	0.33	0.21	2	630
JX-5012	40	220	0.5	2	80	42	50	12/15	0.2	0.33	0.21	2	630
JX-5624	40	220	0.6	4	80	42	50	12/15	0.2	0.33	0.21	2	630
JX-5014	25	220	0.5	4	80	42	50	12/15	0.2	0.31	0.21	2	630
JX-4522	25	220	0.4	2	71	38	45	12/15	0.2	0.25	0.2	1	630
JX-4512	15	220	0.25	2	71	38	45	12/15	0.2	0.23	0.19	1	630
JX-4524	15	220	0.35	4	71	38	45	12/15	0.2	0.21	0.17	1	630
JX-4514	8	220	0.25	4	71	38	45	12/15	0.2	0.2	0.16	1	630

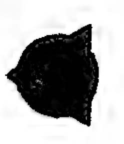
附录 B-5 JY 新系列单相电容起动异步电动机技术数据

型号	功率(W)	额定电压(V)	额定电流(A)	极数	定子铁心 外径	定子铁心 内径	定子铁心 长度	定转子槽数 z_1/z_2	气隙(mm)	主绕组线规(mm)	辅助绕组线规(mm)	电容器容量(μF)	电容器耐压(V)
					(mm)								
JY-7132	550	220	5	2	120	62	80	24/18	0.25	0.86	0.53	100	220
JY-7112	250	220	2.5	2	120	62	48	24/18	0.25	0.62	0.47	100	220
JY-7124	250	220	3.5	4	120	71	62	24/22	0.2	0.72	0.47	100	220
JY-7114	180	220	2.5	4	120	71	48	24/22	0.2	0.64	0.41	100	220
JY-7134	370	220	5	4	120	71	80	24/22	0.2	0.83	0.49	100	220



附录 B-6 JZ新系列单相电阻起动异步电动机技术数据

型号	功率（W）	额定电压（V）	额定电流（A）	极数	定子铁心（mm）			转子外径（mm）	定转子槽数 z_1/z_2	气隙（mm）	主绕组线规（mm）	辅助绕组线规（mm）
					外径	内径	长度					
JZ-7122	370	220	4	2	120	62	62	61.5	24/18	0.25	0.72	0.44
JZ-7112	250	220	3	2	120	62	48	61.5	24/18	0.25	0.62	0.38
JZ-7134	370	220	4.5	4	120	71	80	70.6	24/22	0.2	0.83	0.44
JZ-7124	250	220	3.5	4	120	71	62	70.6	24/22	0.2	0.72	0.41
JZ-7114	180	220	2.5	4	120	71	48	70.6	24/22	0.2	0.64	0.38
JZ-6322	180	220	2	2	102	52	56	51.5	24/18	0.25	0.59	0.38
JZ-6312	120	220	2	2	102	52	48	51.5	24/18	0.25	0.53	0.35
JZ-6324	120	220	2	4	102	58	56	57.6	24/22	0.2	0.57	0.33
JZ-6314	90	220	2	4	102	58	48	57.6	24/22	0.2	0.53	0.31
JZ-5622	90	220	1.2	2	90	48	48	47.5	24/18	0.25	0.47	0.35
JZ-5612	60	220	1	2	90	48	40	47.5	24/18	0.25	0.41	0.31
JZ-5624	60	220	1.5	4	90	52	48	51.6	24/22	0.2	0.41	0.29
JZ-5614	40	220	1	4	90	52	40	51.6	24/22	0.2	0.38	0.27



附录 B-7　YC系列单相电容起动异步电动机技术数据

型　号	极数	功率 (kW)	电压 (V)	额定电流 (A)	起动电流 (A)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	噪声			振动
											N	R	S	
YC-90S-2	2	0.75	220	5.94	37	2900	70	0.82	2.5	1.8	75	70	65	1.8
YC-90L-2	2	1.1	220	8.47	60	2900	72	0.82	2.5	1.8	75	70	65	1.8
YC-100L1-2	2	1.5	220	11.24	80	2900	74	0.82	2.5	1.8	78	73	68	1.8
YC-100L2-2	2	2.2	220	16.1	120	2900	75	0.83	2.5	1.8	78	73	68	1.8
YC-112M-2	2	3	220	21.6	150	2900	76	0.83	2.2	1.8	80	75	70	1.8
YC-132S-2	2	3.7	220	26.3	175	2900	77	0.83	2.2	1.8	83	78	73	1.8
YC-90S-4	4	0.55	220	5.57	29	1450	65	0.69	2.5	1.8	70	65	60	1.8
YC-90L-4	4	0.75	220	6.77	37	1450	69	0.73	2.5	1.8	70	65	60	1.8
YC-100L1-4	4	1.1	220	9.52	60	1450	71	0.74	2.5	1.8	73	68	63	1.8
YC-100L2-4	4	1.5	220	12.5	80	1450	73	0.75	2.5	1.8	73	68	63	1.8
YC-112M-4	4	2.2	220	17.5	120	1450	75	0.76	2.5	1.8	75	70	65	1.8
YC-132S-4	4	3	220	23.5	150	1450	75.5	0.77	2.2	1.8	78	73	68	1.8
YC-132M-4	4	3.7	220	28	175	1450	76	0.79	2.2	1.8	78	73	68	1.8
YC-90S-6	6	0.25	220	4.21	20	950	54	0.50	2.5	1.8	66	61	56	1.8
YC-90L-6	6	0.37	220	5.27	25	950	58	0.55	2.5	1.8	66	61	56	1.8
YC-100L1-6	6	0.55	220	6.94	35	950	60	0.60	2.5	1.8	67	62	57	1.8
YC-100L2-6	6	0.75	220	9.01	45	950	61	0.62	2.2	1.8	67	62	57	1.8
YC-112M-6	6	1.1	220	12.2	65	950	63	0.65	2.2	1.8	70	65	60	1.8
YC-132S-6	6	1.5	220	14.7	85	950	68	0.68	2.0	1.8	73	68	63	1.8
YC-132M-6	6	2.2	220	20.4	125	950	70	0.70	2.0	1.8	73	68	63	1.8

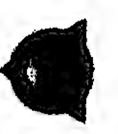


附录 B-8　G 系列单相串励电动机技术数据

型号	功率 (W)	电压 (V)	额定电流 (A)	转速 (r/min)	定子铁心 (mm)			气隙 (mm)	转子槽数	磁极绕组		转子绕组					堵转电流/额定电流 (倍数)	堵转转矩/额定转矩 (倍数)
					外径	内径	长度			线规 (mm)	线圈匝数	线规 (mm)	线圈匝数	线圈节距	换向片数	换向器节距		
G-3614	8	220	0.14	4000	56	30	18	0.3	8	0.14	1010	0.09	214	1-4	24	1-2	2.5	1.5
G-3624	15	220	0.22	4000	56	30	30	0.3	8	0.18	685	0.12	137	1-4	24	1-2	2.5	1.5
G-3634	25	220	0.32	4000	56	30	38	0.3	8	0.23	536	0.15	104	1-4	24	1-2	2.5	1.5
G-3616	15	220	0.20	6000	56	30	18	0.3	8	—	—	—	—	—	24	1-2	3.5	1.8
G-3626	25	220	0.29	6000	56	30	30	0.3	8	—	—	—	—	—	24	1-2	3.5	1.8
G-3636	40	220	0.42	6000	56	30	38	0.3	8	0.25	470	0.17	77	1-4	24	1-2	3.5	1.8
G-3618	25	220	0.28	8000	56	30	18	0.3	8	—	—	—	—	—	24	1-2	4.5	3.0
G-3628	40	220	0.40	8000	56	30	30	0.3	8	—	—	—	—	—	24	1-2	4.5	3.0
G-3638	60	220	0.57	8000	56	30	38	0.3	8	0.29	445	0.20	62	1-4	24	1-2	4.5	3.0
G-36112	40	220	0.37	12000	56	30	18	0.3	8	—	—	—	—	—	24	1-2	6.0	4.5
G-36212	60	220	0.53	12000	56	30	30	0.3	8	—	—	—	—	—	24	1-2	6.0	4.5
G-36312	90	220	0.77	12000	56	30	38	0.3	8	0.33	366	0.23	47	1-4	24	1-2	6.0	4.5
G-4514	40	220	0.45	4000	71	39		0.35	12	—	—	—	—	—	36	1-2	2.5	1.7
G-4524	60	220	0.64	4000	71	39	40	0.35	12	0.31	362	0.21	51	1-6	36	1-2	2.5	1.7
G-4534	90	220	0.91	4000	71	39	50	0.35	12	0.38	290	0.25	39	1-6	36	1-2	2.5	1.7
G-4516	60	220	0.59	6000	71	39		0.35	12	—	—	—	—	—	36	1-2	3.5	2.5
G-4526	90	220	0.85	6000	71	39	40	0.35	12	—	—	—	—	—	36	1-2	3.5	2.5

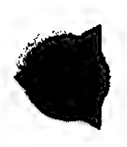
续表

型号	功率 (W)	电压 (V)	额定电流 (A)	转速 (r/min)	定子铁心 (mm)			气隙 (mm)	转子槽数	磁极绕组		转子绕组					堵转电流/额定电流 (倍数)	堵转转矩/额定转矩 (倍数)
					外径	内径	长度			线规 (mm)	线圈匝数	线规 (mm)	线圈匝数	线圈节距	换向片数	换向器节距		
G-4536	120	220	1.08	6000	71	39	50	0.35	12	0.41	240	0.27	33	1-6	36	1-2	3.5	2.5
G-4518	90	220	0.82	8000	71	39		0.35	12	—	—	—	—	1-6	36	1-2	4.5	4.0
G-4528	120	220	1.03	8000	71	39	40	0.35	12	—	—	—	—	1-6	36	1-2	4.5	4.0
G-4538	180	220	1.50	8000	71	39	50	0.35	12	0.44	195	0.31	26	1-6	36	1-2	4.5	4.0
G-45112	120	220	0.99	12000	71	39		0.35	12	—	—	—	—	1-6	36	1-2	6.0	6.0
G-45212	180	220	1.43	12000	71	39	40	0.35	12	0.44	192	0.31	25	1-6	36	1-2	6.0	6.0
G-5614	120	220	1.15	4000	90	50	35	0.50	13	0.44	266	0.29	42	1-7	39	1-2	6.0	2.0
G-5624	180	220	1.70	4000	90	50	50	0.50	13	0.53	195	0.35	29	1-7	39	1-2	2.5	2.0
G-5634	250	220	2.32	4000	90	50	65	0.50	13	0.59	152	0.41	22	1-7	39	1-2	2.5	2.0
G-5616	180	220	1.60	6000	90	50	35	0.50	13	0.49	243	0.33	31	1-7	39	1-2	3.5	3.0
G-5626	250	220	2.15	6000	90	50	50	0.50	13	0.57	179	0.41	22	1-7	39	1-2	3.5	3.0
G-5636	370	220	3.08	6000	90	50	65	0.50	13	0.67	144	0.47	16	1-7	39	1-2	3.5	3.0
G-5618	250	220	2.08	8000	90	50	35	0.50	13	0.55	226	0.38	24	1-7	39	1-2	4.5	5.0
G-5628	370	220	2.90	8000	90	50	50	0.50	13	0.64	166	0.47	17	1-7	39	1-2	4.5	5.0
G-5638	550	220	4.18	8000	90	50	65	0.50	13	0.77	123	0.55	12	1-7	39	1-2	4.5	5.0
G-7114	370	220	3.32	4000	120	69	42	0.9	19	0.69	156	0.49	17	1-10	57	1-2	2.5	2.0
G-7124	550	220	4.92	4000	120	69	60	0.9	19	0.83	112	0.59	12	1-10	57	1-2	2.5	2.0



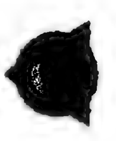
附录 B-9　电动工具用单相串励电动机技术数据

定子冲片外径(mm)	额定电压(V)	额定电流(A)	输入功率(W)	输出功率(W)	转速(r/min)	铁心长度(mm)	气隙(mm)	定子绕组		转子绕组				电刷尺寸			轴承型号	
								线规(mm)	每极匝数	线规(mm)	线圈匝数	换向片数	换向器节距	长(mm)	宽(mm)	高(mm)	轴伸端	后罩端
φ56	220	0.78	165	90	10000	38	0.35	0.33/0.28	310	0.25/0.21	46	27	1-2	6.5	4	12.5	60027	60026
	220	1.10	230	120	13000	38	0.35	0.38/0.33	248	0.28/0.23	36	27	1-2	6.5	4	12.5	60028	60026
	36	5.60	185	92	10000	38	0.35	2-0.63/2-0.56	40	0.63/0.56	—	27	1-2	6.5	4	12.5	60028	60026
	220	1.20	250	140	14000	38	0.35	0.38/0.33	247	0.28/0.23	36	27	1-2	6.5	4	10	60028	60026
	220	1.75	370	220	14000	55	0.35	0.47/0.41	175	0.34/0.29	25	27	1-2	6.5	4	13	60029	60027
	220	1.40	280	160	15000	38	0.35	0.41/0.35	240	0.30/0.25	31	27	1-2	6.5	4	12.5	60028	60026
	220	1.10	250	140	14000	38	0.35	0.38/0.33	247	0.28/0.23	36	27	1-2	6.5	4	12.5	60028	60026
	220	0.8	140	80	8000	38	0.35	0.34/0.29	315	0.23/0.19	53	27	1-2	6.5	4	12.5	60027	60027
	220	1.78	380	230	14300	55	0.35	0.47/0.41	175	0.34/0.29	25	27	1-2	6.5	4	12.5	60029	60027
	220	1.10	240	140	14000	38	0.35	0.38/0.33	247	0.28/0.23	36	27	1-2	6.5	4	12.5	60028	60026
	220	0.79	140	80	8000	38	0.35	0.34/0.29	315	0.23/0.19	53	27	1-2	6.5	4	12.5	60102	60027
	220	1.10	250	140	14000	38	0.35	0.38/0.33	247	0.28/0.23	36	27	1-2	6.5	4	12.5	60028	60026
	220	1.10	220	130	13500	34	0.35	0.36/0.31	255	0.28/0.23	38	27	1-2	6.5	4.3	12.5	60029	60027
	220	1.10	210	120	12000	34	0.35	0.36/0.31	265	0.28/0.23	42	27	1-2	6.5	4.3	14	60029	60027
φ62	36	9.6	328	164	8900	38	0.40	3-0.63/3-0.56	36	2-0.53/2-0.47	5	27	1-2	6.5	4.3	14	60029	60027
	220	1.6	334	184	12600	38	0.40	0.48/0.42	216	0.32/0.27	32	27	1-2	6.5	4.3	14	60029	60027
	220	1.6	320	210	12600	41	0.40	0.47/0.41	210	0.34/0.29	32	27	1-2	6.5	4.3	12	60029	60027



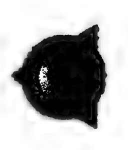
续表

定子冲片外径(mm)	额定电压(V)	额定电流(A)	输入功率(W)	输出功率(W)	转速(r/min)	铁心长度(mm)	气隙(mm)	定子绕组		转子绕组				电刷尺寸			轴承型号	
								线规(mm)	每极匝数	线规(mm)	线圈匝数	换向片数	换向器节距	长(mm)	宽(mm)	高(mm)	轴伸端	后罩端
$\phi62$	220	1.6	340	220	13040	36	0.40	0.47/0.41	204	0.34/0.29	32	27	1-2	6.5	4.3	12.5	60029	60029
$\phi71$	220	2.1	430	275	12100	44	0.45	0.56/0.50	185	0.39/0.33	20	33	1-2	8	5	16	60200	60027
	220	2.1	430	275	12100	44	0.45	0.55/0.49	185	0.39/0.33	20	33	1-2	8	5	17	60200	60027
	220	1.51	305	195	8500	44	0.45	0.47/0.41	212	0.34/0.29	27	33	1-2	8	4.5	17	60200	60027
	220	2.1	430	275	12100	44	0.45	0.55/0.49	185	0.38/0.33	20	33	1-2	8	15	17	60200	60027
$\phi80$	220	2.4	485	310	13000	38	0.50	0.63/0.57	152	0.48/0.42	19	33	1-2	8	6.3	16	60029	60028
	220	2.5	520	360	13300	42	0.45	0.63/0.57	160	0.47/0.41	18	33	1-2	8	5	16	80501	60018
	220	2.5	550	350	8900	42	0.55	0.62/0.55	173	0.44/0.36	24	33	1-2	10.5	4	18	60201	60028
	220	3.7	780	375	14500	42	0.45	0.63/0.57	115	0.53/0.40	14	33	1-2	8	5	16	60201	60028
	220	3.2	630	450	11000	48	0.55	0.66/0.59	148	0.50/0.44	16	33	1-2	10	4.5	18	60201	60028
	220	3.2	630	450	11300	48	0.50	0.66/0.59	144	0.50/0.44	17	33	1-2	8	6.3	16	60200	60028
	220	4.1	700	600	11000	60	0.55	0.50/0.44	136	0.53/0.47	16	33	1-2	10.5	4.5	18	60201	60025
$\phi90$	220	4.1	830	470	9900	52	0.60	2-0.56/ 2-0.50	134	0.56/0.50	13	38	1-2	12.5	8	20	60201	60029
	220	4.0	820	500	11000	52	0.65	0.55/0.50	132	0.59/0.52	12	38	1-2	12.5	8	22	60201	60029
	220	4.1	810	550	9900	52	0.60	2-0.55/ 2-0.49	134	0.55/0.49	13	38	1-2	12.5	8	19	60201	60029
	220	4.5	920	630	11000	52	0.60	2-0.56/ 2-0.50	126	0.60/0.53	12	38	1-2	12.5	8	19	60201	60029
	220	4.9	1000	660	12100	52	0.60	0.6/0.55	110	0.62/0.57	11	38	1-2	12.5	8	16	60201	60029
	220	7.7	1800	1200	12000	76	0.60	2-0.72/ 2-0.64	76	0.72/0.64	8	38	1-2	12.5	8	16	60029	60029



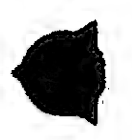
附录 B-10　电风扇、排气扇用单相电容起动电动机技术数据

风扇类型	规格(mm)	额定功率(W)	额定电压(V)	极数	定子铁心 外径(mm)	定子铁心 内径(mm)	定子铁心 长度(mm)	定转子槽数 z_1/z_2	气隙(mm)	主绕组 线规(mm)	主绕组 匝数	主绕组 线圈数	辅助绕组 线规(mm)	辅助绕组 匝数	辅助绕组 线圈数	线圈节距	绕组型式	电容器容量(μF)	调速方法
台扇	250	31	220	4	88	44.7	20	8/17	0.35	φ0.17	935 850	4 4	φ0.15 φ0.15	1020 1020 500 + 300	4 2	1-3 1-3	双层链式 双层链式 L、Ⅱ型	1 1	电抗器 2 抽头法
	300	45	220	4	88	44.7	26	8/17	0.35	φ0.17	634	4	φ0.19	620	4	1-3	单层链式	1、5	电抗器 4
					78	44.5	24	16/22	0.35	φ0.17	800	4	φ0.15	500 + 500	4	1-4	单层链式	1	抽头法
					85.5	46.5	20		0.35	φ0.17	800	4	φ0.15	1000	4	1-4	L、Ⅱ型	1	
		44	220	4	78	44.5	22	16/22	0.35	φ0.17	800	4	φ0.15	1000	4	1-4		1	抽头法
		46	220	4	82	44.56	24	16/22	0.38	φ0.17	800	4	φ0.15	1000	4	1-4		1、2	抽头法
		42	220	4	80	44.5	26	16/22	0.30	φ0.19	800	4	φ0.15	960	4	1-4			抽头法
		44	220	4	73	40.3	26.5	16/22	0.35	φ0.15	840	4	φ0.15	900	4	1-4			抽头法
		45	220	4	88	49	22	16/22	0.35	φ0.17	800	4	φ0.15	1000	4	1-4			抽头法
	350	54	220	4	88.5	49	25	16/22	0.35	φ0.21	720	4	φ0.17	930	4	1-4	单层链式		电抗器 5
										φ0.19	760 650 + 110	3 1		480 + 480	4	1-4	单层 T 型		抽头法



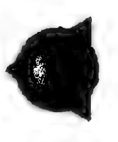
续表

风扇类型	规格 (mm)	额定功率 (W)	额定电压 (V)	极数	定子铁心 外径 (mm)	定子铁心 内径 (mm)	定子铁心 长度 (mm)	定转子槽数 z_1/z_2	气隙 (mm)	主绕组 线规 (mm)	主绕组 匝数	主绕组 线圈数	辅助绕组 线规 (mm)	辅助绕组 匝数	辅助绕组 线圈数	线圈节距	绕组型式	电容器容量 (μF)	调速方法
台扇	350	52	220	4	88	44.7	32	8/17	0.35	φ0.23	560	4	φ0.19	790	4	1-3	双层链式	1、2	电抗器
		50	220	4	88	49	20	16/22	0.35	φ0.21	720	4	φ0.17	930	4	1-4	双层链式	1	电抗器
					78	44.5	25	16/22	0.35	φ0.17	750	4	φ0.15	600 + 500	4	1-4	双层链式	1	抽头法
		54	220	4	88	49	25	16/22	0.35	φ0.21	720	4	φ0.17	930	4	1-4	双层链式	1	电抗器
	400	60	220	4	88.5	49	35	16/22	0.35	φ0.23	570	4	φ0.19	720	4	1-4	单层链式	—	电抗器 7
		61	220	4	88.4	49	32	16/22	0.35	φ0.21	550	4	φ0.19	350 + 350	4	1-4	单层链式 L、Ⅱ型	— —	抽头法
		66	220	4	88	44.7	32	8/17	0.35	φ0.23	530	4	φ0.17	890	4	1-3	双层链式	—	电抗器
		58	220	4	88	49	35	16/22	0.35	φ0.23	570	4	φ0.19	720	4	1-4	双层链式	—	电抗器
顶扇	350		220	4	88	49	25	16/22	0.35	φ0.21	720	4	φ0.17	930	4	1-4	单层链式	1、2	电抗器 8
	400		220	4	88	49	35	16/22	0.35	φ0.23	570	4	φ0.19	720	4	1-4	单层链式	1、2	电抗器 9
吊扇	900	47	220	14	118	23	23	28/45	0.25	φ0.23	382	14	φ0.19	506	14	1-3	双层链式	1	无
	1200	63	220	18	134.75	25	25	36/48	0.25	φ0.27	280	18	φ0.25	328	18	1-3	双层链式	2	电抗器 11
	1400	77	220	18	138.8	28	28	36/48	0.25	φ0.29	236	18	φ0.25	323	18	1-3 1-4	双层链式	4	电抗器 12
					136.6	32	32	36/48	0.50	φ0.31	440	18	φ0.25	620	18	1-3	双层链式	2	无
排气扇	400	150	220	4	102	60	36	24/18	0.35	φ0.31	260	6	φ0.31	260	6	1-3 1-5/4	单层交叉式	4	无
	500	350	220	4	120	72	40	24/20	0.30	φ0.29	295	6	φ0.23	510	6	1-4 2-5	单层链式	2	无
							56	24/18	0.25	φ0.47	105	6	φ0.35	170	6	1-6	单层链式	6	无



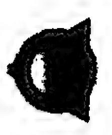
附录 B-11　XDC、JXX、XD 型洗衣机用单相异步电动机技术数据

电动机型号	额定功率 (W)	定子铁心 (mm) 外径	内径	长度	定转子槽数 z_1/z_2	气隙 (mm)	主绕组 线径 (mm)	线圈匝数	线圈节距	20℃电阻值(Ω)	辅助绕组 线径 (mm)	线圈匝数	线圈节距	20℃电阻值(Ω)	电容器容量 (μF)
XDC-X-2	85	方形 101×101	68	39	24/34	0.35	ϕ0.38	170 80	1-6 2-5	33.7	ϕ0.35	170 80	4-9 5-8	38.8	8.5
XDC-T-2	20	方形 101×101	68	19	24/34	0.35	ϕ0.25	310 150	1-6 2-5	109.2	ϕ0.19	455 225	4-9 5-8	27.6	3
JXX-90B	90	方形 124×124	80	25	24/34	0.20	ϕ0.41	107 214	1-7 2-6	37	ϕ0.41	107 214	4-10 5-9	37	8
XD-90	90	方形 120×120	70	30	24/22	0.30	ϕ0.42	220 110	1-6 2-5	32	ϕ0.42	220 110	4-9 5-8	32	6
XD-120	120	方形 120×120	70	35	24/22	0.30	ϕ0.45	161 118	1-6 2-5	24.8	ϕ0.45	161 118	4-9 5-8	24.8	10
XD-180	180	方形 120×120	70	45	24/22	0.30	ϕ0.53	160 80	1-6 2-5	18.5	ϕ0.53	160 80	4-9 5-8	18.5	12
XD-250	250	方形 120×120	70	60	24/22	0.30	ϕ0.56	96 69	1-6 2-5	12.5	ϕ0.56	96 69	4-9 5-8	12.5	16
XD-90	90	方形 107×107	65	35	24/30	0.30	ϕ0.38	200 100	1-6 2-5	38.4	ϕ0.38	200 100	4-9 5-8	38.4	8
XD-120	120	方形 107×107	65	40	24/30	0.30	ϕ0.41	176 88	1-6 2-5	27	ϕ0.41	176 88	4-9 5-8	27	10



附录 B-12　圆电磁线常用数据

铜导线规格		直流电阻20℃不大于(Ω/m)	聚酯漆包线		双线包线最大外径(mm)	丝漆包线最大外径(mm)				玻璃丝包线最大外径(mm)	
线径(mm)	标称截面积(mm²)		最大外径(mm)	近似重量(kg/km)		单丝包油性漆包线	双丝包油性漆包线	单丝包聚酯漆包线	双丝包聚酯漆包线	单玻璃丝包漆包线	双玻璃丝包漆包线
0.05	0.001964	10.08	0.065	0.0180	0.16	0.14	0.18	0.14	0.18	—	—
0.06	0.00283	6.851	0.080	0.0280	0.17	0.15	0.19	0.16	0.20	—	—
0.07	0.00385	4.958	0.090	0.0380	0.18	0.16	0.20	0.17	0.21	—	—
0.08	0.00503	3.754	0.100	0.0490	0.19	0.17	0.21	0.18	0.22	—	—
0.09	0.00636	2.940	0.110	0.0620	0.20	0.18	0.22	0.19	0.23	—	—
0.10	0.00785	2.466	0.125	0.0750	0.21	0.19	0.23	0.20	0.24	—	—
0.11	0.00950	2.019	0.135	0.0910	0.22	0.20	0.24	0.21	0.25	—	—
0.12	0.01131	1.683	0.145	0.1073	0.23	0.21	0.25	0.22	0.26	—	—
0.13	0.01327	1.424	0.155	0.1253	0.24	0.22	0.26	0.23	0.27	—	—
0.14	0.01539	1.221	0.165	0.145	0.25	0.23	0.27	0.24	0.28	—	—
0.15	0.01767	1.059	0.180	0.166	0.26	0.24	0.28	0.25	0.29	—	—
0.16	0.0201	0.9264	0.190	0.188	0.28	0.26	0.30	0.28	0.32	—	—
0.17	0.0227	0.8175	0.200	0.212	0.29	0.27	0.31	0.29	0.33	—	—
0.18	0.0254	0.7267	0.210	0.237	0.30	0.28	0.32	0.30	0.34	—	—
0.19	0.0284	0.6503	0.220	0.263	0.31	0.29	0.33	0.31	0.35	—	—
0.20	0.0314	0.5853	0.230	0.290	0.32	0.30	0.35	0.32	0.36	—	—
0.21	0.0346	0.5296	0.240	0.320	0.33	0.32	0.36	0.33	0.37	—	—

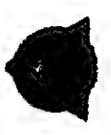


续表

铜导线规格		直流电阻20℃不大于(Ω/m)	聚酯漆包线		双线包线最大外径(mm)	丝漆包线最大外径(mm)				玻璃丝包线最大外径(mm)	
线径(mm)	标称截面积(mm^2)		最大外径(mm)	近似重量(kg/km)		单丝包油性漆包线	双丝包油性漆包线	单丝包聚酯漆包线	双丝包聚酯漆包线	单玻璃丝包漆包线	双玻璃丝包漆包线
0.23	0.0415	0.4396	0.265	0.383	0.36	0.35	0.39	0.36	0.41	—	—
0.25	0.0491	0.3708	0.290	0.452	0.38	0.37	0.42	0.38	0.43	—	—
0.28	0.0616	0.3052	0.320	0.564	0.41	0.40	0.45	0.41	0.46	—	—
0.31	0.0755	0.2473	0.35	0.690	0.44	0.43	0.48	0.44	0.49	—	—
0.33	0.0855	0.2173	0.37	0.780	0.47	0.46	0.51	0.48	0.53	—	—
0.35	0.0962	0.1925	0.39	0.876	0.49	0.48	0.53	0.51	0.55	—	—
0.38	0.1134	0.1626	0.42	1.030	0.52	0.51	0.56	0.53	0.58	—	—
0.40	0.1257	0.1463	0.44	1.165	0.54	0.53	0.58	0.55	0.60	—	—
0.42	0.1835	0.1324	0.46	1.290	0.56	0.56	0.60	0.57	0.62	—	—
0.45	0.1590	0.1150	0.49	1.415	0.59	0.58	0.63	0.60	0.65	—	—
0.47	0.1735	0.1052	0.51	1.570	0.61	0.60	0.65	0.62	0.67	—	—
0.50	0.1964	0.09269	0.54	1.834	0.64	0.63	0.68	0.65	0.70	—	—
0.53	0.221	0.08231	0.58	2.010	0.67	0.67	0.72	0.69	0.74	0.73	0.79
0.56	0.246	0.07357	0.61	2.269	0.70	0.70	0.75	0.72	0.77	0.76	0.82
0.60	0.283	0.06394	0.65	2.581	0.74	0.74	0.79	0.76	0.81	0.80	0.86
0.63	0.312	0.05790	0.68	2.813	0.77	0.77	0.83	0.79	0.84	0.83	0.89
0.67	0.353	0.05109	0.72	3.199	0.82	0.82	0.87	0.85	0.90	0.88	0.93

续表

铜导线规格		直流电阻20℃不大于(Ω/m)	聚酯漆包线		双线包线最大外径(mm)	丝漆包线最大外径(mm)				玻璃丝包线最大外径(mm)	
线径(mm)	标称截面积(mm^2)		最大外径(mm)	近似重量(kg/km)		单丝包油性漆包线	双丝包油性漆包线	单丝包聚酯漆包线	双丝包聚酯漆包线	单玻璃丝包漆包线	双玻璃丝包漆包线
0.71	0.396	0.04608	0.73	3.575	0.86	0.86	0.91	0.89	0.94	0.93	0.98
0.75	0.442	0.03904	0.81	3.998	0.91	0.91	0.97	0.94	1.00	0.97	1.02
0.80	0.503	0.03351	0.86	4.569	0.96	0.96	1.02	0.99	1.05	1.02	1.07
0.85	0.567	0.03192	0.91	5.189	1.01	1.01	1.07	1.04	1.10	1.07	1.12
0.90	0.636	0.02842	0.96	5.865	1.06	1.06	1.12	1.09	1.15	1.12	1.17
0.95	0.700	0.02546	1.01	6.711	1.11	1.11	1.17	1.14	1.20	1.17	1.22
1.00	0.785	0.02294	1.07	7.156	1.18	1.18	1.24	1.22	1.28	1.25	1.29
1.06	0.882	0.02058	1.14	8.245	1.25	1.25	1.31	1.28	1.34	1.31	1.35
1.12	0.958	0.01839	1.20	8.910	1.31	1.31	1.37	1.34	1.40	1.37	1.41
1.18	1.094	0.01654	1.26	9.782	1.37	1.37	1.43	1.40	1.46	1.43	1.47
1.25	1.227	0.01471	1.33	11.10	1.44	1.44	1.50	1.47	1.53	1.50	1.54
1.30	1.327	0.01358	1.38	12.00	1.49	1.49	1.55	1.52	1.58	1.55	1.59
1.35	1.431	0.01282	1.43	12.90	1.59	1.59	1.65	1.62	1.68	1.65	1.69
1.40	1.539	0.01169	1.48	13.90	1.69	1.69	1.75	1.72	1.78	1.75	1.81
1.50	1.767	0.01016	1.58	15.99	1.80	1.80	1.87	1.83	1.90	1.87	1.91
1.60	2.01	0.008915	1.69	18.40	1.90	1.90	1.97	1.93	2.00	1.97	2.01
1.70	2.27	0.007933	1.79	20.37	2.00	2.00	2.07	2.03	2.10	2.07	2.11

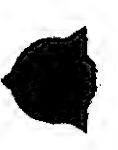


续表

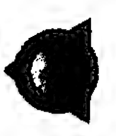
铜导线规格		直流电阻20℃不大于(Ω/m)	聚酯漆包线		双线包线最大外径(mm)	丝漆包线最大外径(mm)				玻璃丝包线最大外径(mm)	
线径(mm)	标称截面积(mm^2)		最大外径(mm)	近似重量(kg/km)		单丝包油性漆包线	双丝包油性漆包线	单丝包聚酯漆包线	双丝包聚酯漆包线	单玻璃丝包漆包线	双玻璃丝包漆包线
1.80	2.54	0.007064	1.89	22.81	1.98	2.00	2.07	2.03	2.10	2.07	2.11
1.90	2.84	0.006331	1.99	25.40	2.08	2.10	2.17	2.13	2.20	2.17	2.21
2.00	3.14	0.005706	2.09	28.20	2.18	2.20	2.27	2.23	2.30	2.27	2.31
2.12	3.53	0.005071	2.21	31.40	2.30	2.32	2.39	2.35	2.42	2.39	2.48
2.24	3.94	0.004057	2.33	36.00	2.42	2.44	2.51	2.47	2.54	2.51	2.60
2.36	4.37	0.004100	2.45	41.23	2.54	2.56	2.63	2.50	2.66	2.63	2.72
2.50	4.91	0.003648	2.59	44.51	2.68	2.70	2.77	2.73	2.80	2.77	2.86

附录 B-13　常用电磁线的选用表

耐热等级	电磁线名称型号	用　　途
B	双玻璃丝包聚酯漆包线 SBEQZB 单、双玻璃丝包单层聚酯薄膜绕包线 MBB-1 单、双玻璃丝包双层聚酯薄膜绕包线 MBB-2	适用于脉冲过电压 < 500V 适用于脉冲过电压 < 500 ~ 1000V 适用于脉冲过电压 > 1000V
F	双玻璃丝包聚酯亚胺漆包线 SBEQZYB	适用于脉冲过电压 500 ~ 1000V



附录 B-14　常用有溶剂绝缘浸渍漆型号、特性及用途



名　称	型号	耐热等级	主　要　成　分	特　点　及　用　途
沥青漆	L30-9 1010 1011	A	石油沥青、干性植物油等。溶剂为 200 号溶剂汽油和二甲苯	耐潮，耐温度变化，适用于不要求耐油的电机、电器线圈的浸渍
甲酚清漆	1014	A ~ E	甲酚甲醛树脂、亚麻油、桐油等，溶剂为二甲苯、甲苯和部分松节油	易于干燥，具有良好的介电和耐油性，但对油性漆包线有侵蚀作用，适用于电机、电器线圈浸渍
醇酸绝缘漆	1030	B	桐油、亚麻油、松香改性醇酸树脂，溶剂为 200 溶剂汽油	耐油性和弹性好，漆膜平滑有光泽，适用于要求耐油的电机线圈浸渍，也可作覆盖漆用
丁基酚醛醇酸漆	1031	B	蓖麻油改性醇酸树脂、丁醇改性酚醛树脂，溶剂为二甲苯和 200 号溶剂汽油	耐热、耐潮、耐霉、介电性能较高，干透性较好，适用于湿热带地区用电机线圈的浸渍
三聚氰胺醇酸漆	1032 A30-1	B	油改性醇酸树脂，丁醇改性三聚氰胺树脂，溶剂为二甲苯和 200 号溶剂汽油	有较好的耐热，耐潮和介电性能，热固化性好，耐电弧，供湿热带地区电机、电器线圈浸渍用
醇酸玻璃丝包线漆	1230 C34-1	B	干性植物油改性醇酸树脂	耐油性和弹性好，粘结力较强，适用于浸涂玻璃丝包线
环氧酯漆	1033 H30-2	B	亚麻油脂肪酸，环氧树脂和三聚氰胺树脂漆等，溶于二甲苯和丁醇	有较好的耐油、耐热、耐潮和介电性能，机械强度高，适用于湿热带和化工用电机、电器线圈浸渍

续表

名　称	型号	耐热等级	主　要　成　分	特　点　及　用　途
环氧醇酸漆	8340 H30-6	B	三聚氰胺树脂，酸性醇酸树脂与环氧树脂共聚物	粘结力强、耐潮性、内干性好，机械强度高，适用于湿热带地区电机线圈的浸渍
聚酯浸渍漆	155 Z30-2	F	干性植物油改性对苯二甲酸聚酯树脂，溶剂为二甲苯和丁醇	耐热性、电气性能较好，粘结力强，供浸渍 F 级电机、电器线圈用
有机硅浸渍漆	1053 W30-1	H	有机硅树脂，溶剂为二甲苯	耐热性和电气性能较好，供烘干温度较高，供浸渍 H 级电机、电器线圈用
低热干燥有机硅漆	9111	H	有机硅树脂，固化剂、溶剂为甲苯	耐热性比 1053 稍差，但烘干温度低、干燥快，用途与 1053 相同
聚酯改性有机硅漆	931 W30-P	H	聚酯改性有机硅树脂，溶剂为二甲苯	耐潮性和电气性能好，粘结力较强，烘干温度较 1053 低，如加入固化剂则 150℃固化，用途同 1053
有机硅玻璃丝包线漆	1152	H	有机硅树脂，溶剂为甲苯或二甲苯	耐潮性和电气性能好，漆膜柔软，机械强度高，供浸涂 H 级玻璃丝包线
聚酰胺酰亚胺浸渍漆	FAI-Z	H	聚酰胺酰亚胺树脂，溶剂为二甲基乙酰胺，稀释剂为二甲苯	耐热性优于有机硅漆，电气性能优良，耐辐照性好，粘结力强，供浸渍耐高温电机线圈用



附录 B-15 常用无溶剂浸渍绝缘漆型号、特性及用途

名称	型号	耐热等级	主要成分	特点及用途
环氧无溶剂漆	110	B	6101 环氧树脂，桐油酸酐、松节油酸酐、苯乙烯	粘度低，击穿强度高，储存稳定性好，可用于沉浸小型低压电机，电器线圈
环氧无溶剂漆	672-1	B	672 环氧树脂，桐油酸酐、苄基二甲胺，70 酸酐	挥发物少、固化快，体积电阻高，适于滴浸小型低压电机，电器线圈
环氧无溶剂漆	9102	B	618 或 6101 环氧树脂，桐油酸酐，70 酸酐，903 或 901 固化剂，环氧丙烷丁基醚	挥发物少，固化较快，可用于滴浸小型低压电机电器线圈
环氧无溶剂漆	111	B	6101 环氧树脂、桐油酸酐、松节油醇酐、苯乙烯、二甲基咪唑乙酸盐	粘度低，固化快、击穿强度高，可用于滴浸小型低压电机，电器线圈
环氧无溶剂漆	H30-5	B	苯基苯酚环氧树脂，桐油酸酐，二甲基咪唑	特点及用途与 111 相同
环氧无溶剂漆	594 型	B	618 环氧树脂，594 固化剂，环氧丙烷丁基醚	粘度低，体积电阻高，储存稳定性好，可用于整浸中型高压电机、电器线圈
环氧无溶剂漆	9101	B	618 环氧树脂、901 固化剂、环氧丙烷丁基醚	粘度低、固化较快，储存稳定性好，可用于整浸中型高压电机，电器线圈
环氧聚酯无溶剂漆	1034	B	618 环氧树脂，甲基丙烯酸聚酯、不饱和聚酯正钛酸丁酯，过氧化二苯甲酰、萘酸钴、苯乙烯	挥化物较少，固化快，耐霉性较差，用于滴浸小型低压电机，电器线圈
聚丁二烯环氧聚酯无溶剂漆		B	聚丁二烯环氧树脂，甲基丙烯酸聚酯，不饱和聚酯，邻苯二甲酸，二丙烯酯，过氧化二苯甲酰，萘酸钴	粘度较低，挥发物较少，固化较快，储存稳定性好，用于沉浸小型低压电机，电器线圈



续表

名称	型号	耐热等级	主要成分	特点及用途
环氧聚酯酚醛无溶剂漆	5152-2	F	6101 环氧树脂，丁醇改性甲酚甲醛树脂，不饱和聚酯，铜油酸酐，过氧化二苯甲酰，苯乙烯	粘度低，击穿强度高，储存稳定性好，用于沉浸小型低压电机，电器线圈
环氧聚酯无溶剂漆	EIU	F	不饱和聚酯亚胺树脂，618 和 6101 环氧酯，桐油酸酐，过氧化二苯甲酰、苯乙烯，对苯二酚	粘度低，挥发物较少，击穿强度高，储存稳定性好，用于沉浸小型 F 级电机电器线圈
不饱和聚酯无溶剂漆	319-2	F	二甲苯树脂，改性间苯二甲酸不饱和聚酯，苯乙烯，过氧化二异丙苯	粘度较低，电气性能较好，储存稳定，可用于沉浸小型 F 级电机、电器线圈

附录 B-16　薄膜复合材料的型号、规格及用途



名称	型号	规格(mm)	耐热等级	击穿电压(kV)	所用薄膜	所用底材	主要用途
聚酯薄膜复合纸板	2920 西 290	0.15、0.20 0.25、0.30	A～E	6.5	聚酯薄膜	绝缘纸板(QB342/63)	供 A、E 级电机作槽衬及线圈的匝间、相间绝缘用
聚酯薄膜复合布箔		0.15、0.17、0.20 0.24、0.25、0.30	A～E	8.0	聚酯薄膜	黄漆布、(或黄漆绸)	
聚酯薄膜复合玻璃漆布箔	2930 西 292 哈 2921 上 2252	0.17 0.20 0.24	B	8.0	聚酯薄膜	2432 醇酸玻璃漆布	供 E、B 级和热带电机作槽衬及线圈层间、相间绝缘用
聚四氟乙烯玻璃漆布箔			C		聚四氟乙烯薄膜	经处理的玻璃布	供 C 级电机作槽绝缘、线圈匝间、相间绝缘用
芳香聚酰亚胺粉云母板玻璃箔	云 702-1 云 702-2	0.20 0.25	B～H		芳香聚酰亚胺薄膜	玻璃布 粉云母纸	用于 B～F 级电机作槽绝缘，线圈匝间、相间绝缘

责任编辑：王　晶
封面设计：刘　静

CEPP





电机修理技术丛书

电动机选型及应用
电动机常见故障修理
单相电动机使用与维修
三相异步电动机使用与维修
中小型同步发电机使用与维修
电机故障处理实例

CHINA ELECTRIC PO



ISBN 7-5083-0997-9
定价：　16.00　元